



TUGAS AKHIR - MO141326

**PENGARUH KEMIRINGAN BATU PELINDUNG
BPPT-*LOCK* TERHADAP KOEFISIEN REFLEKSI
GELOMBANG PADA *SEAWALL***

**GIYAT NUR SAWITRI RINDY ANTICHA
NRP. 4313 100 123**

Dosen Pembimbing:

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT - MO141326

**THE EFFECT OF TOE PROTECTION BPPT-LOCK
SLOPE TO WAVE REFLECTION COEFFICIENT
OF SEAWALL**

**GIYAT NUR SAWITRI RINDY ANTICHA
NRP. 4313 100 123**

Supervisors :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KEMIRINGAN BATU PELINDUNG BPPT-LOCK TERHADAP KOEFISIEN REFLEKSI GELOMBANG PADA SEAWALL

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

GIYAT NUR SAWITRI RINDY ANTICHA

NRP. 4313 100 123

Disetujui oleh :

1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Drs. Mahmud Mustamin, M.Sc., Ph.D. (Pembimbing 2)

3. Dr.Eng., M. Zikra, S.T., M.Sc. (Penguji 1)

4. Sujantoko, S.T., M.T. (Penguji 2)

Surabaya, Juli 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENGARUH KEMIRINGAN BATU PELINDUNG BPPT-LOCK TERHADAP KOEFISIEN REFLEKSI GELOMBANG PADA SEAWALL

Nama : Giyat Nur Sawitri Rindy Anticha
NRP : 4313100123
Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono, S. T., M. Eng., Ph. D.
Drs. Mahmud Musta'in, M. Sc., Ph. D.

ABSTRAK

Seawall merupakan salah satu bangunan pelindung pantai yang sejajar dengan garis pantai. *Seawall* berfungsi untuk mencegah daerah belakangnya agar tidak tergenang air akibat limpasan dari gelombang yang tinggi. *Seawall* bukan untuk meredam energi gelombang seperti bangunan pelindung pantai lainnya, melainkan memantulkan kembali gelombang yang membenturnya ke arah laut.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian model fisik berskala 1 : 25 dengan empat variasi tinggi gelombang (H), dua variasi periode gelombang (T) dan tiga variasi sudut kemiringan batu pelindung BPPT-*lock*. Analisa refleksi gelombang diperoleh dengan cara mencari angka koefisien refleksi gelombang menggunakan persamaan Goda dan Suzuki.

Data yang dihasilkan oleh *wave probe* berupa *time history* yang kemudian akan diubah menjadi cm dengan bantuan program excel Refana. Kemudian data diolah menggunakan *software* MATLAB dengan menggunakan persamaan Goda dan Suzuki untuk jenis gelombang *irregular*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koefisien refleksi berbanding terbalik dengan kecuraman gelombang (H/gT^2). Refleksi gelombang terbesar terjadi pada kemiringan 1:1,15 yaitu sebesar 91% dan terkecil pada kemiringan 1:2 yaitu sebesar 42%. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa semakin curam kemiringan batu pelindung maka semakin besar pula gelombang yang dipantulkan kembali ke laut.

Kata kunci : BPPT-*lock*, koefisien refleksi, model fisik, *seawall*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

THE EFFECT OF TOE PROTECTION BPPT-LOCK SLOPE TO WAVE REFLECTION COEFFICIENT OF SEAWALL

Name : Giyat Nur Sawitri Rindy Anticha
NRP : 4313100123
Department : Ocean Engineering FTK - ITS
Supervisors : Haryo Dwito Armono, S. T., M. Eng., Ph. D.
Drs. Mahmud Musta'in, M. Sc., Ph. D.

ABSTRACT

The seawall is one of the coastal protection structure build parallel to the coastline. Seawall serves to prevent the back area from flooding due to runoff from high waves. The seawall is not design to reduce wave energy like other coastal structures, but to reflect back the incoming waves build on toward the sea. In this research, the physical model test is 1: 25 scale with four wave height variation (H), two wave period variables (T) and three variations of the slope angle using BPPT-lock armor. The wave reflection, analysis is obtained by finding the reflection coefficient number using the method of Goda and Suzuki. Data generated by the wave probe in the form of time history which will then be converted into cm with the help of excel program Refana, then the data is processed using MATLAB software using the equation of Goda and Suzuki for irregular wave type. The results show that the reflection coefficient is inversely proportional to the wave steepness (H / gT^2). The largest wave reflection occurs at a slope of 1: 1.15 of 91% and the smallest at 1: 2 slope of 42%. It can be concluded that the steeper the slope of the coastal protection structure the greater the wave reflected back to the sea.

Keywords: BPPT-lock, reflection coefficient, physical model, seawall

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul **Pengaruh Kemiringan Batu Pelindung BPPT-Lock Terhadap Refleksi Gelombang Pada Seawall** ini dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Studi S-1 Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Tugas Akhir yang penulis susun berupa analisa refleksi gelombang yang terjadi pada *seawall* dengan tiga variasi sudut kemiringan batu pelindung BPPT-lock dengan melakukan pengujian model fisik di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis dan berguna untuk perkembangan teknologi di bidang teknik kelautan.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Terimakasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

1. Bapak dan ibu, serta keluarga besar penulis yang selalu mendukung, mendoakan dan memberikan motivasi kepada penulis agar tetap semangat dalam menyusun Tugas Akhir ini.
2. Bapak Haryo Dwito Armono, S. T., M. Eng., Ph. D., selaku dosen pembimbing pertama yang bersedia membimbing dan memberikan motivasi kepada penulis agar dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M. Sc., Ph. D., selaku dosen pembimbing kedua dan kepala Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut atas bimbingan dan dukungannya selama melakukan penelitian Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Eng. Rudi Walujo P., S. T., selaku kajar Teknik Kelautan dan Bapak Yoyok Hadiwidodo S. T., M. T., Ph. D., selaku sekjur Teknik Kelautan, serta keluarga besar dosen dan karyawan atas bimbingan dan bantuannya selama ini.
5. Bapak M. Mochtar Arif selaku teknisi Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut atas dukungannya kepada penulis dalam melakukan penelitian Tugas Akhir.
6. Teman-teman grup "*seawall*" Ali, Danny, Iyan, Vega, Awang dan Rorry yang tanpa lelah berjuang bersama dan membantu dalam penelitian ataupun penyusunan Tugas Akhir.
7. Keluarga besar "VALTAMERI" Teknik Kelautan angkatan 2013, atas semangat dan perjuangan bersama-sama dalam perkuliahan.
8. Teman satu kamar penulis, mbak Nurul atas bantuannya mengajari program Matlab dengan penuh kesabaran.
9. Senior paling baik, mas Haris atas ketersediaan waktunya di tengah mengerjakan proyek untuk diskusi dan memberi masukan kepada penulis mengenai referensi bacaan terkait tugas akhir.

10. Teman-teman “sekawan” Titis, April dan Yusnia yang selalu memberikan *support*, mendengarkan keluh kesah penulis dan selalu menemani penulis dalam suka duka.
11. Senior ‘blusukan’ wajah *judes*, mbak Novia atas diskusi tidak kenal tempat dan perdebatan bermanfaatnya, juga ‘tebengan’ setiap kali menuju kearah yang sama.
12. Seseorang yang *special* bagi penulis, Candra Prasetyo Wibowo yang selalu memberikan semangat, masukan (nasihat), mengingatkan makan dikala penulis sibuk dan memberikan motivasi kepada penulis.
13. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga dukungan dan jasa yang telah diberikan oleh berbagai pihak, baik secara langsung atau tidak langsung mendapatkan balasan yang jauh lebih baik dari Allah SWT. *Aamiin ya robbal'alamin*.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
COVER	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	 5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Pemodelan Fisik	6
2.2.1.1 Syarat Keserupaan	7
2.2.1.2 Analisa Dimensi.....	9
2.2.2 Gelombang	10
2.2.2.1 Gelombang <i>Irregular</i>	10
2.2.2.2 Refleksi Gelombang	11
2.2.2.3 Parameter Gelombang	12
2.2.2.4 Spektrum Energi	13
2.2.3 Struktur Bangunan Pelindung Pantai	15

2.2.3.1 Tembok Laut (<i>seawall</i>)	16
2.2.3.2 Pelindung Kaki (<i>toe protection</i>).....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 Diagram Tulang Ikan (<i>fish bone</i>).....	17
3.2 Diagram Alir (<i>flowchart</i>)	18
3.3 Penjelasan Diagram Alir Metodologi Penelitian	19
3.3.1 Studi Literatur	19
3.3.2 Persiapan Material Uji	19
3.3.3 Kalibrasi <i>Wave Probe</i>	26
3.3.4 Proses Pengujian	28
3.3.5 Pengukuran dan Pencatatan Data	29
3.3.6 Analisa dan Pembahasan.....	29
3.3.7 Kesimpulan	29
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Analisa Data.....	31
4.2 Analisa Dimensi.....	35
4.3 Perhitungan Koefisien Refleksi	36
4.4 Pengaruh H/gT^2 terhadap Koefisien Refleksi	38
4.5 Pengaruh Kemiringan Batu Pelindung terhadap Koefisien Refleksi.....	40
4.6 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Penelitian Sebelumnya.....	42
BAB V PENUTUP	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Fast Fourier Transform.....	13
Gambar 2.2 Profil Melintang Tembok Laut.....	16
Gambar 3.1 Diagram Tulang Ikan (<i>fish bone</i>)	17
Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	19
Gambar 3.3 Penampakan melintang model <i>seawall</i>	21
Gambar 3.4 Bahan Model <i>toe protection</i>	22
Gambar 3.5 Model <i>seawall</i> dan <i>toe protection</i> yang Dipasang pada <i>flume tank</i> Tampak Samping.....	22
Gambar 3.6 <i>Flumetank</i>	23
Gambar 3.7 <i>Wave probe</i>	23
Gambar 3.8 Mesin Pembangkit Gelombang	24
Gambar 3.9 Perangkat Komputer	25
Gambar 3.10 Kalibrasi <i>Wave Probe</i>	27
Gambar 4.1 File Mentah Dalam Format *.TMH	31
Gambar 4.2 Tampilan Refana	32
Gambar 4.3 Tampilan <i>AnaWare</i>	33
Gambar 4.4 Hasil Lengkap <i>AnaWare</i>	34
Gambar 4.5 Grafik korelasi H_{input} dengan H_{output} pada $T_{input}=1,2$ detik	34
Gambar 4.6 Grafik korelasi T_{input} dengan T_{output} pada $H_{input}=3$ cm.....	35
Gambar 4.7 Grafik pengaruh bentuk kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang pada kemiringan 1:1,15	38
Gambar 4.8 Grafik pengaruh bentuk kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang pada kemiringan 1:1,5	39
Gambar 4.9 Grafik pengaruh bentuk kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang pada kemiringan 1:2	39
Gambar 4.10 Grafik pengaruh kemiringan terhadap koefisien refleksi gelombang.....	41
Gambar 4.11 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Davidson (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT- <i>lock</i> 1:1.15..	43

Gambar 4.12 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT- <i>lock</i> 1:1.5	44
Gambar 4.13 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT- <i>lock</i> 1:1.5	45
Gambar 4.14 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT- <i>lock</i> 1:2	45
Gambar 4.15 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT- <i>lock</i> 1:2	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perhitungan panjang gelombang.....	26
Tabel 3.2 Format Penamaan File Kalibrasi.....	27
Tabel 3.3 Input Parameter Gelombang pada Komputer Pengendali.....	28
Tabel 4.1 Format Penulisan pada File Excel yang Telah Diproses oleh Refana	32
Tabel 4.2 Koefisien Refleksi Gelombang dari Pengujian dengan Beberapa Variasi	37
Tabel 4.3 Rata-Rata Koefisien Refleksi Gelombang Berdasarkan Kemiringan Batu Pelindung BPPT- <i>Lock</i>	40
Tabel 4.4 Data Penelitian Sebelumnya	42

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI PROSES PEMBUATAN MODEL

LAMPIRAN 2 DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KORELASI

LAMPIRAN 2A DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KEMIRINGAN 1 : 1,15

LAMPIRAN 2B DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KEMIRINGAN 1 : 1,5

LAMPIRAN 2C DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KEMIRINGAN 1 : 2

LAMPIRAN 3 LANGKAH-LANGKAH PERHITUNGAN MATLAB

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya bangunan pantai digunakan sebagai infrastruktur yang berfungsi sebagai pelindung pantai. Di beberapa daerah yang memiliki fetch area yang cukup panjang mampu menghasilkan gelombang laut yang cukup besar, untuk itu perlu sebuah bangunan yang mampu meredam maupun memantulkan kembali kekuatan dari gelombang laut yang mendekati pantai.

Struktur pantai adalah bangunan atau tumpukan batu/beton buatan manusia dalam rangka menjaga agar aktivitas manusia di pantai dapat terus berlangsung. Contoh struktur pantai adalah tembok pantai untuk melindungi pantai dari erosi/abrasi, bangunan yang menjorok ke lepas pantai (*dual-jetty*) untuk mempertahankan kedalaman muara sungai atau kanal navigasi agar tidak menjadi dangkal karena sedimentasi, serta tembok pembatas kolam pelabuhan tempat kapal bersandar. Berdasarkan fungsi dan fitur bangunannya, struktur pantai dapat dibedakan menjadi dua kelas, yaitu kelas fungsional primer termasuk *seawalls*, *revetments*, dan *bulkheads*, *groyne*, *jetty*, dermaga, pemecah gelombang (*breakwater*), dan kelas aneka struktur termasuk pipa terendam, anjungan lepas pantai, keramba terapung, dan berbagai macam pelabuhan. *Seawalls*, *revetments*, dan *bulkheads* adalah struktur pantai yang dibangun sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai dengan tujuan menjaga garis pantai agar tetap dalam posisinya dan mencegah terjadinya erosi pantai. *Breakwater* atau pemecah gelombang adalah bangunan yang dikhususkan untuk meredam energi gelombang sehingga tinggi gelombang berkurang pada saat menjalar mendekati pantai.

Seawall merupakan struktur pantai yang memiliki fungsi utama untuk mencegah atau mengurangi limpasan air laut dan banjir terhadap tanah dan bangunan yang berada di belakang *seawall* akibat gelombang laut dan pasang surut yang tinggi. *Seawall* dibangun sejajar dengan garis pantai sebagai penguat bagian dari profil pantai serta biasanya juga sering digunakan untuk melindungi tempat wisata, jalan, dan rumah-rumah. *Seawall* pada umumnya dibuat dari konstruksi padat seperti beton, turap baja/kayu, pasangan batu atau pipa beton

sehingga *seawall* tidak meredam energi gelombang, tetapi gelombang yang memukul permukaan *seawall* akan dipantulkan kembali dan menyebabkan gerusan pada bagian tumitnya. Sehingga diperlukan adanya pelindung kaki (*toe protection*) untuk melindungi kaki *seawall* dari gerusan gelombang.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa refleksi gelombang berupa koefisien refleksi untuk mengetahui berapa persen gelombang yang sudah dipantulkan kembali ke laut. Serta untuk mengetahui besar koefisien refleksi jika terdapat kemiringan tertentu pada pelindung kaki, sehingga diketahui kemiringan pelindung kaki yang paling efisien. Batu armor yang dipakai untuk melindungi kaki *seawall* berupa BPPT-*lock*. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan tinggi dan periode gelombang serta kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock*.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, dapat diambil beberapa permasalahan yang dapat diambil dalam tugas akhir ini adalah :

1. Berapa koefisien refleksi yang dihasilkan dengan variasi tinggi dan periode gelombang pada *seawall*?
2. Bagaimana pengaruh variasi kemiringan pada pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock* terhadap koefisien refleksi gelombang yang terjadi pada *seawall*?

1.3 TUJUAN

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui koefisien refleksi yang dihasilkan dengan variasi tinggi dan periode gelombang pada *seawall*.
2. Mengetahui pengaruh variasi kemiringan pada pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock* terhadap koefisien refleksi gelombang yang terjadi pada *seawall*.

1.4 MANFAAT

Dari tugas akhir ini didapatkan koefisien refleksi gelombang yang terjadi pada *seawall* dengan variasi tinggi dan periode gelombang yang terjadi. Serta diharapkan dapat diketahui pengaruh dari kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock* terhadap koefisien refleksi gelombang yang terjadi pada

seawall tersebut. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan oleh instansi terkait atau peneliti lain sebagai referensi dalam mencari nilai koefisien refleksi gelombang pada struktur vertikal seperti *seawall*.

1.5 BATASAN MASALAH

Untuk mengurangi permasalahan yang terjadi dalam penelitian, maka diberikan beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Material penyusun model *seawall* adalah tumpukan dari paving yang dilapisi dengan triplek berbentuk dinding tegak.
2. Pelindung kaki (*toe protection*) berupa BPPT-*lock*.
3. Sudut datang gelombang tegak lurus terhadap model *seawall*.
4. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang *irregular*.
5. Nilai tinggi dan periode gelombang serta dimensi pada model ditentukan berdasarkan kemampuan pembangkit gelombang dan dimensi pada *flume*.
6. Dasar perairan model rata dan kedap.
7. Arus yang mengenai struktur tidak diperhitungkan.
8. Lebar dan kerapatan model tidak divariasikan.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

Bab I. Pendahuluan

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang mengapa dilakukannya penelitian ini. Terdapat juga rumusan masalah, tujuan dan manfaat agar penelitian ini lebih terarah, serta batasan masalah agar pembahasan tidak meluas.

Bab II. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Pada bab ini terdapat tinjauan pustaka yang digunakan sebagai referensi untuk melakukan penelitian, bisa juga untuk membandingkan hasil penelitian. Selain itu terdapat dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan analisa dan pembahasan.

Bab III. Metodologi

Pada bab ini akan dijelaskan secara umum dan detail langkah-langkah dalam melakukan penelitian. Terdapat juga diagram alir untuk mempermudah membaca langkah-langkah yang diberikan dalam melakukan penelitian.

Bab IV. Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini dijelaskan analisa yang dilakukan terhadap data yang diperoleh dan pembahasannya yang berpedoman pada dasar teori. Sehingga hasil dari penelitian akan menjawab dari rumusan masalah.

Bab V. Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisi tentang rangkuman hasil atau jawaban dari rumusan masalah dan saran yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Tembok laut (*sea wall*) merupakan struktur yang dibangun di pantai dan dalam arah sejajar pantai dengan fungsi utama mencegah atau mengurangi limpasan dan penggenangan areal pantai di belakangnya dari penggenangan yang disebabkan oleh gelombang atau air pasang. Tembok pantai dibangun dalam arah sejajar pantai sebagai perkuatan sebagian profil pantai. Biasanya tembok pantai digunakan untuk melindungi tempat pejalan kaki, jalan raya, dan perumahan yang terletak di tepi pantai. Konstruksi tembok pantai sangat bervariasi mulai dari struktur dinding vertikal seperti dinding beton, *sheetpile* beton hingga struktur berdinding miring dengan permukaan slab beton bertulang, unit armor beton atau timbunan batu.

Pada studi eksperimen atau penelitian sebelumnya dilakukan penelitian berupa pengaruh elevasi muka air laut terhadap koefisien transmisi dan koefisien refleksi pada *composite breakwater*. Elevasi muka air yang digunakan yaitu 0,8 m, 0,85 m dan 0,9 m dengan variasi tinggi peredam 0,4 m, 0,6 m dan 0,8 m. Kesimpulan yang diperoleh dari eksperimen tersebut adalah bahwa untuk koefisien transmisi yang baik adalah semakin besar nilai H/gT^2 maka semakin kecil nilai K_t yang didapatkan yang berarti semakin baik untuk meredam gelombang. Sedangkan untuk koefisien refleksi yang baik adalah semakin besar nilai H/gT^2 maka semakin besar juga nilai K_r yang didapatkan yang berarti semakin baik untuk memantulkan gelombang.

Pada penelitian ini digunakan struktur berupa *seawall* dengan pelindung kaki BPPT-*lock*. Akan dilakukan variasi tinggi gelombang yaitu 0,03 m, 0,05 m, 0,06 m dan 0,07 m. Sedangkan periode gelombang yaitu 1,2 dan 1,4 detik serta kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock* yaitu 1:1,15 ; 1:1,5 dan 1:2. Hasil akhir dari penelitian ini dapat diperoleh grafik hubungan antara *wave steepness* atau H/gT^2 dan koefisien refleksi (K_r).

2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Pemodelan Fisik

Model yaitu bentuk sederhana dari sebuah bangunan atau objek, keadaan atau sebuah proses. Model dapat digolongkan menjadi model numerik dan model fisik. Model fisik dapat didefinisikan sebagai :

“Pembuatan kembali sebuah sistem (biasanya dalam ukuran yang lebih kecil) dengan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya dominan yang bekerja pada sistem tersebut terwakili dengan baik dan dengan proporsi yang valid menyerupai kondisi sistem fisik sesungguhnya.” (Hughes, 1993)

“Model fisik adalah penyederhanaan dan pembuatan kembali sebuah objek menjadi lebih kecil menyerupai *prototipe*-nya dimana proses-proses aliran dan karakteristiknya diteliti sedemikian rupa untuk mencari solusi permasalahan di bidang hidrodinamika dan hidrolika.” (Oumeraci dan Schuttrumpf, 1999)

Dapat disimpulkan bahwa pemodelan fisik adalah pembuatan kembali objek dengan skala tertentu yang lebih sederhana sehingga perilaku model yang akan diuji serupa dengan perilaku *prototipe*-nya. Terdapat keuntungan dan kekurangan dari pemodelan fisik. Dean dan Dalrymple (1991), menyatakan terdapat dua keuntungan dari pemodelan fisik, yaitu :

- Dalam pemodelan fisik, persamaan yang dipakai tanpa menyederhanakan asumsi yang biasanya digunakan untuk model analitis atau model numerik.
- Dari segi biaya untuk pengumpulan data, adanya model dalam skala kecil akan mempermudah pencatatan data dan pengurangan biaya, bila dibandingkan dengan pengumpulan data lapangan tentu lebih sulit dan mahal juga pengukuran data lapangan yang simultan sulit dicapai.

Selain kedua hal diatas, keuntungan dari pemodelan fisik yaitu adanya kebebasan dalam melakukan percobaan yang memungkinkan membuat simulasi keadaan yang ada di alam yang sangat bervariasi. Sedangkan kekurangan dari pemodelan fisik yaitu kurangnya fungsi gaya dan kondisi alam yang tidak disertakan dalam pemodelan fisik, biasanya hanya pembangkit gaya gelombang saja yang dimodelkan. Menurut Hughes (1993), pemodelan fisik juga terdapat kesalahan (*error*) yang mungkin terjadi, diantaranya :

- Efek laboratorium yang dapat mempengaruhi proses simulasi secara keseluruhan kalau tidak dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya. Karena ketidak mampuan untuk menghasilkan kondisi pembebanan yang realistis serta adanya pengaruh keterbatasan yang dipunyai model terhadap proses yang disimulasikan.
- Efek skala, terjadi karena membuat model yang lebih kecil dari prototipe yang sebenarnya, sehingga tidak mungkin memodelkan semua variabel yang relevan dalam hubungan yang benar satu sama lain. Dapat diumpamakan adanya efek skala ini sama dengan adanya penyederhanaan pemodelan numerik.
- Pemodelan fisik ini relatif lebih mahal dibandingkan dengan model numerik. Pada situasi dimana model numerik memberikan hasil yang handal, maka tentu saja pilihan akan jatuh ke penggunaan model numerik.

2.2.1.1 Syarat Keserupaan

Pemodelan fisik mensyaratkan bahwa tidak hanya serupa secara bentuk (geometri) saja, melainkan harus serupa pula perilakunya secara kinematik dan dinamik. Sehingga keadaan model serupa dengan keadaan di alam atau *prototipe*-nya.

a. Keserupaan geometri

Keserupaan geometri dapat terpenuhi jika perbandingan (skala) dimensi panjang (L) dari model dan *prototipe* sama. Hubungan ini hanya menunjukkan keserupaan dalam bentuk, tidak dalam hal gerak (motion) (Warnock, 1950). Skala panjang model dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{l_m}{l_p} = \frac{b_m}{b_p} = \frac{d_m}{d_p} = \frac{h_m}{h_p} \quad (2.1)$$

dengan :

l_m = panjang model (m)

l_p = panjang *prototipe* (m)

b_m = lebar model (m)

b_p = lebar *prototipe* (m)

d_m = kedalaman air pada model (m)

d_p = kedalaman air pada *prototipe* (m)

h_m = tinggi model (m)

h_p = tinggi *prototipe* (m)

Model dengan keserupaan geometri disebut juga *geometrically undistorted model*, dimana faktor skala yang sama untuk arah vertikal ataupun horisontal.

b. Keserupaan kinematik

Keserupaan kinematik dapat terpenuhi jika perilaku model serupa dengan perilaku *prototipe*-nya. Sehingga dapat dipastikan bahwa gerak gelombang yang terjadi pada model sama dengan gerak gelombang yang terjadi di *prototipe*. Dengan kata lain, aspek waktu di model dan di alam (*prototipe*) harus sejalan dalam perbandingan yang konstan. Berdasarkan keserupaan kinematik, nilai-nilai skala antara model dan *prototipe* dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Skala waktu

$$\frac{t_{m1}}{t_{p1}} = \frac{t_{m2}}{t_{p2}} = \frac{t_{m3}}{t_{p3}} \quad (2.2)$$

- Skala kecepatan

$$\frac{v_{m1}}{v_{p1}} = \frac{v_{m2}}{v_{p2}} = \frac{v_{m3}}{v_{p3}} \quad (2.3)$$

- Skala percepatan

$$\frac{a_{m1}}{a_{p1}} = \frac{a_{m2}}{a_{p2}} = \frac{a_{m3}}{a_{p3}} \quad (2.4)$$

c. Keserupaan dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan *prototipe* untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, dan tegangan permukaan.

Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik froude (*froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi.

$$Fr = \sqrt{\frac{\text{gaya inersia}}{\text{gaya gravitasi}}} = \sqrt{\frac{\rho L^2 v^2}{\rho L^3 g}}$$
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (2.5)$$

Dengan Fr adalah bilangan Froude, kesamaan dinamik akan tercapai jika bilangan Froude di alam dan di model adalah sama. Umumnya keserupaan Froude dapat diterapkan pada kondisi seluruh aliran permukaan terbuka. Selanjutnya yaitu

sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek.

$$Re = \frac{\text{gaya inersia}}{\text{gaya gesek}} = \frac{\rho L^2 v^2}{\mu v L}$$

$$Re = \frac{v L}{\nu} \quad (2.6)$$

Dengan Re adalah bilangan Reynold, kesamaan dinamik akan tercapai jika bilangan Reynold di alam dan di model adalah sama. Umumnya keserupaan Reynold diterapkan pada saat gaya gesek akibat kekentalan fluida dominan.

2.2.1.2 Analisa Dimensi

Bilangan tak berdimensi digunakan untuk menyatakan hubungan antar parameter serta dipakai untuk menggambarkan hasil-hasil penelitian. Untuk menentukan bilangan tak berdimensi tersebut dapat dilakukan dengan analisis dimensi. Beberapa cara/metode yang umum digunakan untuk analisis dimensi yaitu Metode *Rayleigh*, Metode *Phi-Buckingham*, dan Metode Matrik.

1. Metode *Reyleight*

Jika suatu debit mempunyai saling perhubungan satu dengan lainnya dari Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 dan seterusnya, maka hubungan diekspresikan menjadi $Q_1 = K.Q_2^a Q_3^b Q_4^c$. K disebut sebagai parameter tak berdimensi.

2. Metode *Phi-Buckingham*

Untuk menentukan kelompok tak berdimensi, Buckingham mengusulkan suatu teorema yang dikenal sebagai teorema-phi, yang dinyatakan sebagai berikut:

Bila ada n variabel yang berpengaruh pada uji fisik dan mempunyai r dimensi maka dapat disederhanakan menjadi suatu kelompok-kelompok tak berdimensi yang disebut dengan suku-suku phi.

Didalam menggunakan teorema ini, langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut :

- i. Kumpulkan variabel-variabel penting yang berpengaruh, misalnya ada n variabel maka dapat dinyatakan dengan persamaan $f(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n) = 0$.
- ii. Tentukan jumlah dimensi dasar, r dari variabel-variabel diatas, misalnya dimensi dasar M, L, T maka r=3.

- iii. Tentukan jumlah suku π yang nanti akan diperoleh dengan cara $\pi = k - r$ dimana k adalah jumlah variabel.
- iv. Tentukan variabel yang diulang untuk setiap suku π , yang mewakili masing-masing dimensi dasar sehingga jumlahnya sama dengan dimensi dasar. Agar lebih mudah, disarankan memilih variabel yang mempunyai dimensi tunggal.
- v. Tentukan jumlah pangkat dimensi dari suku-suku π .
- vi. Cek suku-suku π yang diperoleh, pastikan bahwa suku-suku π yang diperoleh sudah tidak berdimensi.

2.2.2 Gelombang

Gelombang yaitu energi yang bergerak naik dan turun dengan arah tegak lurus terhadap permukaan air laut sehingga membentuk kurva atau grafik sinusoidal. Gelombang dapat dibangkitkan oleh angin, pasang surut, tsunami, pergerakan kapal, dan lain sebagainya. Namun, di dalam perhitungan Teknik Pantai gelombang yang sering digunakan yaitu gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan pasang surut. Energi yang dihasilkan gelombang dapat membentuk pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triatmodjo, 1999).

2.2.2.1 Gelombang *Irregular*

Gelombang *irregular* tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya.

$$E_T = \sum E_i \quad (2.7)$$

Atau dalam bentuk lain :

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \xi a_i \quad (2.8)$$

Dengan :

E_T = energi total (joule/m)

E_i = energi masing-masing gelombang sinusoidal (joule/m)

ρ = densitas air laut (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

ξa_i = amplitudo gelombang (m)

Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang *irregular* ditandai sebagai berikut :

- Permukaan gelombang merupakan permukaan yang tidak beraturan, sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis karena ketidak linierannya, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang berbeda.
- Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat, tergantung dari kecepatan angin.

2.2.2.2 Refleksi Gelombang

Ketika gelombang yang datang mengenai atau membentur rintangan seperti bangunan pelindung pantai, maka gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Peristiwa dipantulkannya kembali gelombang yang membentur rintangan disebut refleksi gelombang. Analisa refleksi gelombang sangat penting dalam perencanaan bangunan pelindung pantai, karena untuk mengetahui apakah bangunan tersebut dapat menyerap energi gelombang secara optimal.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang dapat diketahui melalui koefisien refleksi. Koefisien refleksi yaitu perbandingan antara tinggi gelombang pantul atau refleksi dengan tinggi gelombang datang.

$$Kr = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.9)$$

Dengan H_i adalah tinggi gelombang sebelum mengenai struktur dan H_r adalah tinggi gelombang yang telah dipantulkan oleh struktur.

Goda dan Suzuki menemukan metode untuk menggambarkan kejadian refleksi gelombang di *wave flume* saat struktur sudah terpasang dengan menggunakan teknik perubahan Fourier. Persamaan dari metode tersebut adalah:

$$\eta_i = \alpha_i \cos(kx - \omega t + \varepsilon_i) \quad (2.10)$$

$$\eta_r = \alpha_r \cos(kx - \omega t + \varepsilon_r) \quad (2.11)$$

Dengan i sebagai *Incident* dan r sebagai *Reflected*. Sumbu x diambil dari arah datang gelombang yang menuju struktur. Bila diasumsikan profil gelombang terekam di dua tempat, yaitu di $x_1 = x$ dan $x_2 = x_1 + \Delta l$ maka :

$$\eta_1 = (\eta_i + \eta_r)_{x=x_1} = A_1 \cos(\omega t) + B_1 \sin(\omega t) \quad (2.12)$$

$$\eta_2 = (\eta_i + \eta_r)_{x=x_2} = A_2 \cos(\omega t) + B_2 \sin(\omega t) \quad (2.13)$$

Dengan :

$$A_1 = \alpha_i \cos \phi_i + \alpha_r \cos \phi_r \quad (2.14)$$

$$B_1 = \alpha_i \sin \phi_i - \alpha_r \sin \phi_r \quad (2.15)$$

$$A_2 = \alpha_i \cos(k\Delta l + \phi_i) + \alpha_r \cos(k\Delta l + \phi_r) \quad (2.16)$$

$$B_2 = \alpha_i \sin(k\Delta l + \phi_i) - \alpha_r \sin(k\Delta l + \phi_r) \quad (2.17)$$

$$\phi_i = k\Delta l + \varepsilon_i \quad (2.18)$$

$$\phi_r = k\Delta l + \varepsilon_r \quad (2.19)$$

Karena $\alpha_i, \alpha_r, \phi_i$ dan ϕ_r tidak diketahui, maka dengan mengeliminasi keempat variable tersebut bisa didapat :

$$\alpha_i = \frac{\sqrt{K_1^2 + K_2^2}}{2 |\sin k\Delta l|} \quad (2.20)$$

$$\alpha_r = \frac{\sqrt{K_3^2 + K_4^2}}{2 |\sin k\Delta l|} \quad (2.21)$$

Dengan :

$$K_1 = A_2 - A_1 \cos k\Delta l - B_1 \sin k\Delta l \quad (2.22)$$

$$K_2 = B_2 + A_1 \sin k\Delta l - B_1 \cos k\Delta l \quad (2.23)$$

$$K_3 = A_2 - A_1 \cos k\Delta l + B_1 \sin k\Delta l \quad (2.24)$$

$$K_4 = B_2 - A_1 \sin k\Delta l - B_1 \cos k\Delta l \quad (2.25)$$

2.2.2.3 Parameter Gelombang

Berdasarkan teori *Airy* maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinusoidal, gelombang dapat dijelaskan secara geometris (Triatmojo, 1999) :

- Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang.
- Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.
- Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

- Kemiringan gelombang (*wave steepness*) = H/L
- Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d

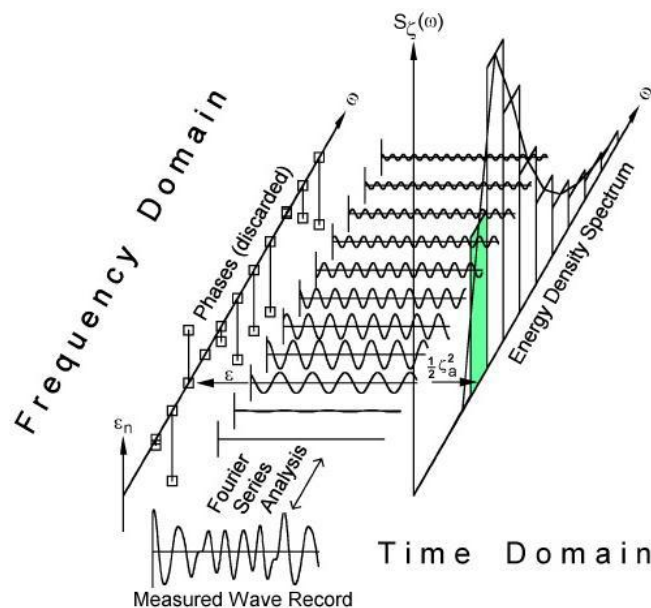
c. Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L

Parameter penting lainnya seperti :

- Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi gelombang ($H/2$)
- Periode gelombang (T), yaitu waktu yang dibutuhkan dua puncak gelombang untuk melewati satu titik tertentu.
- Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode.

2.2.2.4 Spektrum Energi

Dalam pencatatan elevasi tinggi muka air gelombang biasa disajikan dalam bentuk *time domain*. Karena penyajian *time domain* merupakan data yang sulit dibaca, maka diubah menjadi *frekuensi domain*. Pengolahan data dari *time domain* menjadi *frekuensi domain* dapat dilakukan dengan menggunakan *fast fourier transform*.



Gambar 2.1 Ilustrasi Fast Fourier Transform (Journee, J.M.J and Pinkster, J, 2002)

Spektrum energi gelombang menggambarkan jumlah energi gelombang terhadap frekuensi gelombang yang berbeda pada pergerakan ombak yang tidak teratur. Prinsip analisa spektrum gelombang yaitu dengan menguraikan gelombang irregular menjadi susunan gelombang yang teratur, dari berbagai

frekuensi dan tinggi gelombang. Untuk perhitungan momen spektra menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$m_n = \int_0^\infty \omega^n S_\zeta(\omega) d\omega \quad (2.26)$$

Varian elevasi permukaan gelombang setara dengan luas area di bawah kurva spektrum gelombang, yang juga merupakan varian dari riwayat waktu gelombang.

$$m_0 = \int_0^\infty S_\zeta(\omega) d\omega \quad (2.27)$$

Periode rata-rata dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\bar{T} = 2\pi \frac{m_0}{m_1} \quad (2.28)$$

Periode awal (T_0) adalah periode gelombang pada saat energi gelombang maksimum terjadi. Untuk mendefinisikan spektrum dengan model matematika maka bisa ditemukan dengan diferensiasi. Sehingga dapat ditunjukkan periode rata-rata dari puncak gelombang (T_p), ditulis dengan persamaan :

$$\bar{T}_p = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{m_4}} \quad (2.29)$$

Dengan *mean zero crossing period* (T_z) :

$$\bar{T}_z = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad (2.30)$$

Untuk tinggi gelombang signifikan (H_s) tergantung pada jumlah bandwidth spektrum. Secara umum, spektrum gelombang laut memiliki band yang relatif sempit, sehingga tinggi gelombang signifikan dapat diperoleh dari persamaan :

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \quad (2.31)$$

$$\bar{H} = 2,5\sqrt{m_0} \quad (2.32)$$

$$H_{1/10} = 1,27 H_s \quad (2.33)$$

$$H_{rms} = 0,556 H_s \quad (2.34)$$

$$H_{max} = 1,77 H_s = 0,707 \ln(N) \quad (2.35)$$

Dengan N adalah jumlah gelombang. Frekuensi rata-rata yang merupakan pusat spektra dan tinggi muka air *Root Mean Square* dapat diperoleh dengan :

$$\bar{\omega} = \omega_m = \frac{m_1}{m_0} \text{ rad/s} \quad (2.36)$$

$$\eta_{RMS} = \sqrt{m_0} \quad (2.37)$$

Rahman (1995), dalam perubahan grafik time domain ke frekuensi domain digunakan beberapa spektrum gelombang, yang sering digunakan diantaranya

adalah Pierson-Moskowitz (P-M) untuk spektrum parameter tunggal, untuk parameter ganda dapat digunakan International Ship and Offshore Structures Congress (ISSC), International Towing Tank Conference (ITTC) dan Join North Sea Wave Project (JONSWAP).

Spektra JONSWAP dikemukakan oleh Hasselmann, dkk (1973) berdasarkan percobaan yang dilakukan di North Sea. Persamaan untuk spektrum JONSWAP, yaitu :

$$S(f) = \alpha \frac{H_s^2}{c_p^2 f^5} \exp \left[-\frac{5}{4} (T_p f)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{-(T_p f - 1)^2}{2 \sigma^2} \right]} \quad (2.38)$$

Dengan :

$$\alpha = 0,0624 \left(0,23 + 0,336 \gamma - \frac{0,185}{1,9 \gamma} \right)$$

$$f_p = \frac{1}{T_p} \quad \text{dan} \quad \sigma = \begin{cases} 0,07 & f \leq f_p \\ 0,09 & f > f_p \end{cases}$$

γ = peak edness parameter (3,3)

σ = shape parameter

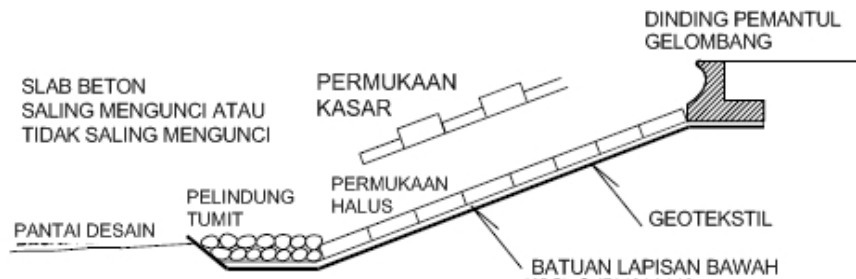
2.2.3 Struktur Bangunan Pelindung Pantai

Struktur bangunan pantai adalah bangunan yang berfungsi untuk melindungi kegiatan manusia di sekitar pantai agar dapat terus berlangsung. Salah satu contoh bangunan pantai yaitu tembok laut (*sea wall*) untuk melindungi erosi/abrasi atau limpasan gelombang ke arah pantai.

Berdasarkan fungsi dan fitur bangunannya, struktur pantai dapat dibedakan menjadi dua kelas, yaitu kelas fungsional primer termasuk *seawalls*, *revetments*, dan *bulkheads*, *groin*, *jetty*, dermaga, pemecah gelombang (*breakwater*), dan kelas aneka struktur termasuk pipa terendam, anjungan lepas pantai, keramba terapung, dan berbagai macam pelabuhan serta struktur marina. *Seawalls*, *revetments*, dan *bulkheads* adalah struktur pantai yang dibangun sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai pada antarmuka darat-laut dengan tujuan menjaga garis pantai agar tetap dalam posisinya. *Breakwater* atau pemecah gelombang adalah bangunan yang dikhususkan untuk meredam energi gelombang sehingga tinggi gelombang berkurang pada saat menjalar mendekati pantai.

2.2.3.1 Tembok Laut (*sea wall*)

Tembok laut merupakan struktur yang dibangun di pantai dengan arah sejajar pantai, berfungsi untuk mengurangi limpasan gelombang dan penggenangan air di belakang tembok. Biasanya tembok pantai digunakan untuk melindungi jalan raya atau perumahan yang terletak di tepi pantai. Tembok laut berbentuk dinding vertikal yang terbuat dari pasangan batu, beton, kayu atau tumpukan batu. Namun ada pula yang berbentuk miring dengan armor beton atau timbunan batu. Konstruksi tembok laut seperti terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 2.2 Profil melintang tembok laut

2.2.3.2 Pelindung Kaki (*toe protection*)

Tembok laut (*sea wall*) tidak meredam energi gelombang, tetapi memantulkan kembali gelombang yang mengenai permukaan *sea wall*. Sehingga akibat dari pantulan tersebut menyebabkan gerusan pada kaki *sea wall*. Untuk melindungi tembok laut dari gerusan (*scouring*) tersebut maka dipasanglah pelindung kaki (*toe protection*). Berat butir batu untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan dihitung dengan persamaan :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{N_s \gamma_a (S_r - 1)} \quad (2.39)$$

Dengan :

W = berat rerata butir batu (ton)

γ_r = Berat jenis batu (ton/m³)

S_r = Perbandingan berat jenis batu dan berat jenis air laut = γ_r / γ_a

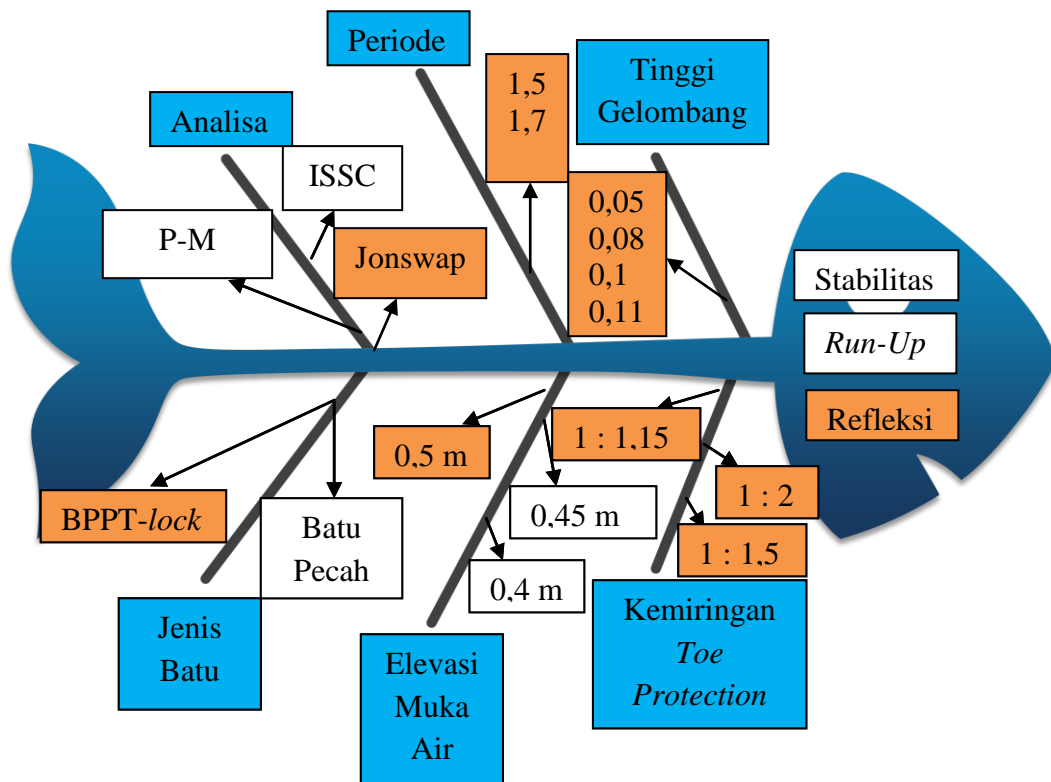
γ_a = Berat jenis air laut (1,025-1,03 ton/m³)

N_s = Angka stabilitas rencana untuk pondasi dan pelindung kaki bangunan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Tulang Ikan (*fish bone*)

Untuk mempermudah mengetahui variasi apa saja yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram tulang ikan (*fish bone*) sebagai berikut :

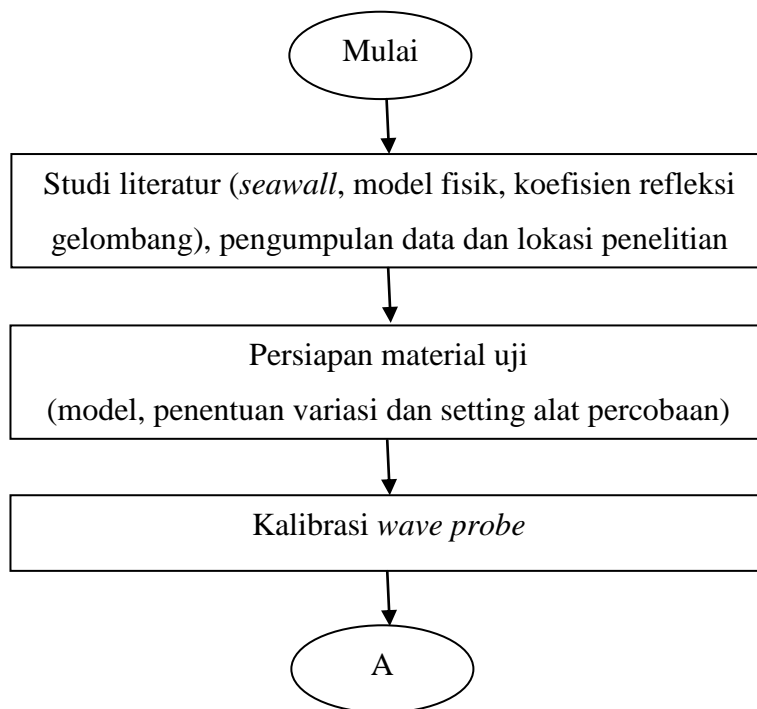


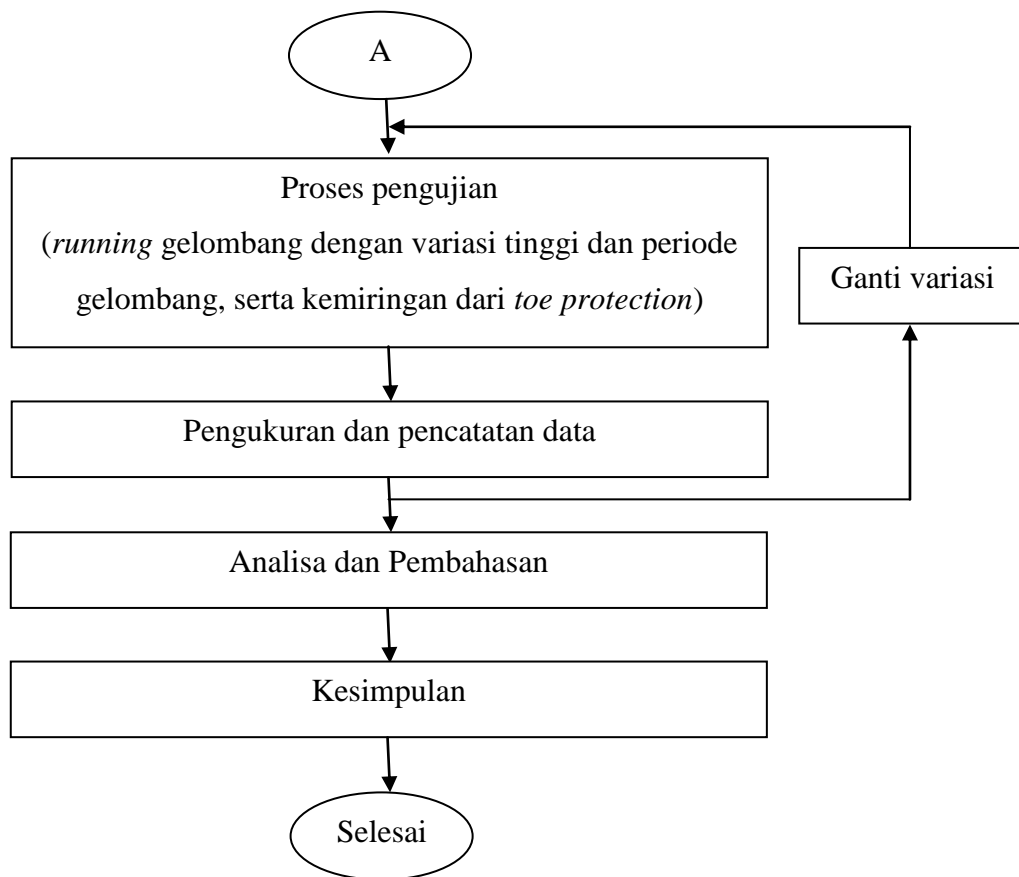
Gambar 3.1 Diagram Tulang Ikan (*fish bone*)

Keterangan : variasi yang digunakan

3.2 Diagram Alir (Flowchart)

Sebelum melakukan penelitian, langkah yang terlebih dahulu dilakukan yaitu memperdalam teori mengenai topik tugas akhir, uji fisik refleksi gelombang pada *seawall* dengan membaca buku, jurnal, dan eksperimen atau penelitian sebelumnya yang berkaitan. Kemudian melakukan persiapan penelitian meliputi persiapan pembuatan model, persiapan peralatan percobaan dan penentuan parameter gelombang. Setelah itu melakukan kalibrasi *wave probe* lalu proses pengujian meliputi *running* gelombang dengan variasi kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-lock. Dari proses pengujian tersebut dihasilkan data yang akan digunakan untuk analisa dan pembahasan serta langkah terakhir yaitu menarik kesimpulan dari analisa yang dilakukan. Untuk lebih ringkasnya dapat dilihat pada diagram alir berikut :





Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.3 Penjelasan Diagram Alir Metodologi Penelitian

Prosedur langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur dilaksanakan untuk mengetahui lebih banyak mengenai pengaruh kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock* terhadap refleksi gelombang yang terjadi pada *seawall*. Kegiatan yang dilakukan yaitu membaca materi dan teori dasar meliputi seleksi jurnal, buku ataupun penelitian terkait guna menambah wawasan sebelum melakukan penelitian. Hal tersebut bertujuan untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi pada saat penelitian dilakukan.

3.3.2 Persiapan Material Uji

Sebelum melakukan pengujian diperlukan beberapa persiapan, diantaranya :

- a. Persiapan pembuatan model; yang perlu diperhatikan adalah :

➤ Skala model

Dalam pembuatan model *seawall* langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan membuat skala model. Hal ini dilakukan agar dimensi model *seawall* yang diuji di laboratorium memiliki geometri yang sama dengan prototipenya. Bukan hanya secara geometri saja, secara kinematik pun model yang akan diuji harus sama dengan keadaan sebenarnya. Dalam arti tidak hanya strukturnya saja yang diskalakan namun juga karakteristik aliran yang mengenai struktur tersebut dengan batasan-batasan tertentu. Beberapa parameter yang diskalakan antara lain :

- Dimensi *seawall*
- Tinggi gelombang
- Periode gelombang
- Diameter batu
- Kedalaman atau elevasi muka air

Model *seawall* dibuat sedemikian rupa agar mirip dengan aslinya yang diperkecil untuk memudahkan pengujian. Penentuan skala *seawall* juga menyesuaikan keadaan tempat pengujian, skala *seawall* yang digunakan yaitu 1:25. Skala tersebut diperoleh dari dimensi model BPPT-*lock* dengan panjang dan lebar berturut-turut kurang lebih adalah 6 cm dan 6.3 cm, sedangkan ukuran panjang dan lebar prototipnya berturut-turut adalah 150.11 cm dan 158.10 cm (Zuhdan, 2012). Sehingga berdasarkan syarat keserupaan geometri didapatkan :

$$\frac{l_m}{l_p} = \frac{6}{150.11} = \frac{1}{25}$$

$$l_p = 25 l_m$$

dengan : l_m = panjang model (cm)

l_p = panjang *prototype* (cm)

Untuk skala berat BPPT-*lock* didapatkan dari perbandingan diatas, yaitu :

$$\frac{w_m}{w_p} = \frac{m_m \times g}{m_p \times g} = \frac{\rho \times v_m \times g}{\rho \times v_p \times g}$$

$$\frac{w_m}{w_p} = \frac{v_m}{v_p} = \frac{l_m^3}{l_p^3} = \frac{l_m^3}{(25 l_m)^3} = \frac{l_m^3}{25^3 \times l_m^3}$$

$$w_p = 25^3 w_m$$

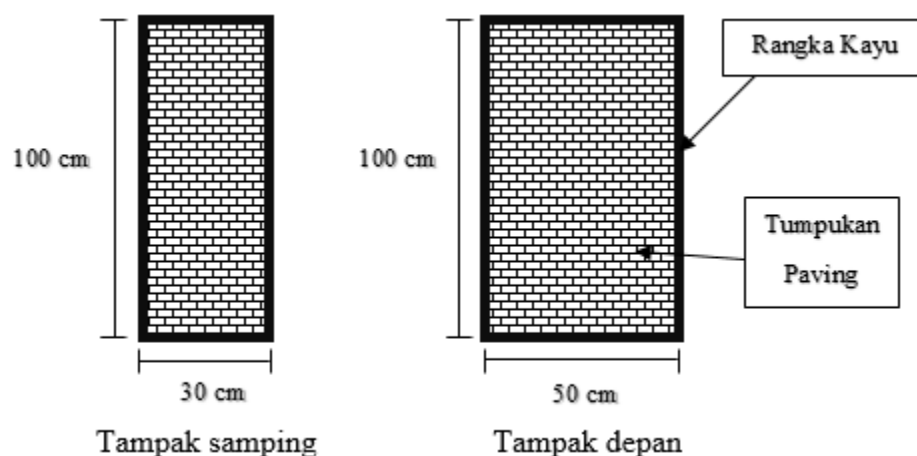
dengan : w_m = berat model

w_p = berat prototip

- m_m = massa model
 m_p = massa prototip
 g = percepatan gravitasi bumi
 v_m = volume model
 v_p = volume prototip

➤ Bahan model

Untuk bahan pembuatan model *seawall* dibuat dari kerangka kayu dengan dimensi 100 cm x 50 cm x 30 cm dengan bentuk balok seperti dinding tegak. Kemudian kerangka kayu ditutup menggunakan lembaran kayu tipis atau triplek pada semua sisi. Untuk membuat model *seawall* tetap stabil dalam pengujian, digunakan tumpukan paving sebagai pemberat model. Ukuran-ukuran ini disesuaikan dengan dimensi *wave flume* yang ada di laboratorium Energi dan Lingkungan Laut Teknik Kelautan, FTK-ITS, dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.3 Penampakan melintang model *seawall*

Sedangkan *toe protection* berupa BPPT-lock yang terbuat dari beton dan diletakkan didepan struktur dengan variasi kemiringan 1:1,15 ; 1:1,5 serta 1:2. *Toe protection* terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan pertama atau yang paling bawah terdiri dari tumpukan kantong pasir, kemudian lapisan tengah tumpukan kerikil dan tumpukan yang paling atas adalah BPPT-lock. Gambar 3.4 menunjukkan bahan yang digunakan untuk membuat *toe protection*.



(a) Kantung pasir

(b) Kerikil

(c) BPPT-lock

Gambar 3.4 Bahan model *toe protection*

Berikut contoh penyusunan *toe protection* pada *seawall* di kolam/tangki gelombang (*flume tank*) dengan tinggi dan lebar berturut-turut adalah 0.7 m dan 1.4 m atau pada kemiringan 1:2 yang tampak dari samping :



Gambar 3.5 Model *seawall* dan *toe protection* yang dipasang pada *flume tank*
tampak samping

➤ Tempat dan waktu pengujian

Uji fisik dilakukan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Departemen Teknik Kelautan, FTK-ITS Surabaya. Waktu yang digunakan untuk pengujian yaitu satu bulan. Sebelum melaksanakan pengujian ada baiknya untuk mengetahui fasilitas laboratorium apa saja yang akan digunakan. Berikut peralatan yang digunakan :

1. Kolam atau tangki gelombang (*wave flume* atau *flumetank*)

Dimensi kolam gelombang di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut adalah 20 m x 2.3 m x 2.5 m. Terdapat tiga jenis pembangkit, yaitu pembangkit gelombang, arus dan angin. Jenis gelombang yang dapat dibangkitkan yaitu gelombang *regular* dan *irregular*. Spektrum gelombang *irregular* yang dapat

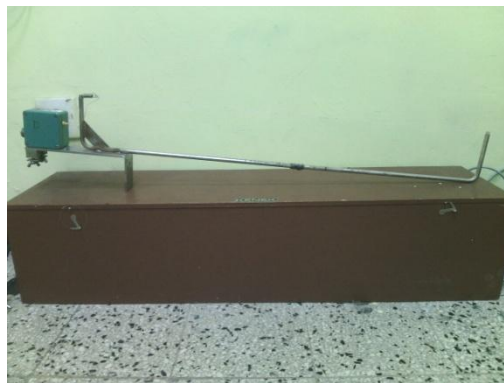
digunakan yaitu JONSWAP, Pierson-Moskowitz, ISSC dan ITTC yang berhubungan dengan *software* yang ada. Kolam gelombang mampu diisi air dengan kedalaman air maksimum yaitu 80 cm, hal itu dikarenakan agar tidak terjadi limpasan air keluar kolam ketika gelombang dengan tinggi maksimum dibangkitkan. Tinggi gelombang maksimum yang dapat dibangkitkan adalah 30 cm untuk gelombang *regular* dan 7 cm untuk gelombang *irregular*. Sedangkan periode gelombang yang dapat diinputkan berkisar 0.5 sampai dengan 3 detik.



Gambar 3.6 *Flumetank*

2. Perekam gelombang (*wave probe*)

Wave probe adalah alat yang digunakan untuk merekam tinggi gelombang. Apabila *wave probe* tercelup air maka elektroda tersebut mengukur konduktivitas air. Konduktivitas tersebut berubah secara proporsional sesuai dengan variasi perubahan elevasi muka air. Dalam pengujian ini digunakan dua buah *wave probe* yang akan dipasang kurang lebih 20 cm dari pelindung kaki *seawall*.



Gambar 3.7 *Wave probe*

3. Pembangkit gelombang

Pembangkit gelombang terdiri dari 4 unit pengapung dan penggerak gelombang, sebuah pengontrol tekanan dan sebuah komputer khusus dengan sinyal listrik. Masing-masing pengapung digerakkan naik dan turun oleh *actuator*, yang terdiri dari linear *slide assembly* dari AC servo motor. Semua gerakan diserentakkan dan dikontrol dengan komputer listrik. Adapun ukuran dari pengapung, yaitu :

Kedalaman	: 0.6 m
Panjang	: 0.6 m
Lebar	: 0.5 m
Sarat air	: 0.4 m



Gambar 3.8 Mesin pembangkit gelombang

4. Perangkat komputer

Adapun spesifikasi mesin dan *software* yang digunakan dalam sistem komputer sebagai berikut :

- Type : Desk-top type
- CPU : Pentium (266 MHz)
- RAM : 64 Mb
- Hard disk : 3 Gb
- CRT : 14 inch
- Expanded slot : 2

- CD-ROM drive : 1
- Floppy disk drive : 3.5 inch, 1.4 Mb
- Other accessories : mouse, keyboard, RS 232 C interface
- Sistem software : Windows 95, MS-DOS Version 6.2



Gambar 3.9 Perangkat komputer

➤ Penentuan parameter gelombang

Menentukan parameter gelombang sebagai data yang akan diinput pada komputer sehingga dapat menggerakkan *wave generator*. Ketika pengujian, parameter gelombang akan divariasikan dan besarnya output data yang dikeluarkan oleh alat perekam gelombang (*wave probe*) akan diolah dan digunakan untuk analisa sebagai hasil dari percobaan.

➤ Setting peralatan percobaan

Melakukan pengecekan peralatan yang akan digunakan sebelum proses pengujian, seperti pengecekan komputer, *wave generator*, *wave probe*, dan *wave flume/flume tank*. Dimensi *flume tank* adalah $14 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ (yang dapat digunakan untuk pengujian) dengan pengisian air maksimum 0,8 m. Lebar yang digunakan adalah 0.5 m karena terlalu lebar jika menggunakan 2 m dan menyulitkan pengamatan dan kedalaman air 0.5 m. Jumlah *wave probe* yang digunakan dua buah, digunakan untuk merekam gelombang datang dan gelombang pantul. Peletakan *wave probe* berdasarkan percobaan yang dilakukan Goda, yaitu jarak minimal antar *wave probe* 0.5 dari panjang gelombang.

$$L_0 = \frac{g \times T^2}{2\pi} \quad (3.1)$$

$$L = L_0 \times \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_0}\right) \quad (3.2)$$

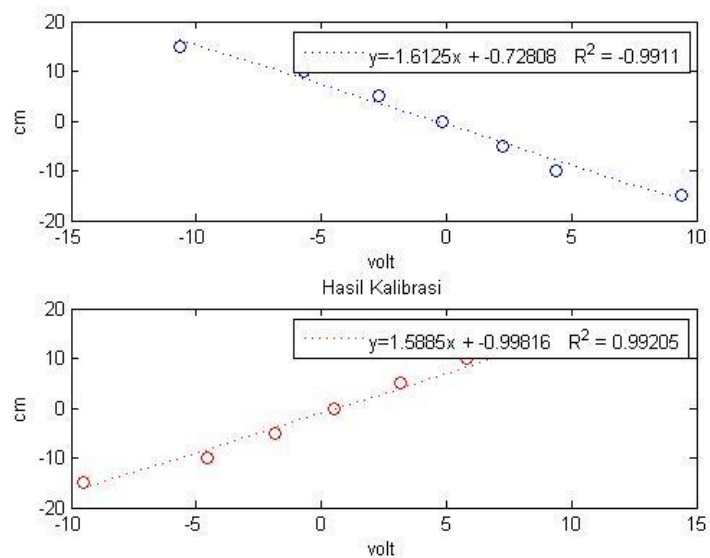
Tabel 3.1 Perhitungan panjang gelombang

T (s)	g (m/s ²)	d (m)	L ₀ (m)	L (m)
1.5374	9.81	0.5	9.49457	3.03175
1.727	9.81	0.5	10.98914	3.058715
1.5146	9.81	0.5	9.49457	3.03175
1.7074	9.81	0.5	11.01401	3.059077
1.5658	9.81	0.5	9.594938	3.033942
1.4596	9.81	0.5	11.13876	3.060859
Rata-rata				3.046015

Dari data korelasi didapat perhitungan panjang gelombang adalah $L = 3.05$ m. Sehingga *wave probe* yang pertama akan diletakkan di depan struktur *seawall* sejauh $0.5L$ atau minimal 1.5 m dari *wave probe* 2 yang berfungsi sebagai perekam gelombang datang. Dan yang kedua akan diletakkan 20 cm dari ujung pelindung kaki *seawall* untuk merekam tinggi gelombang yang dipantulkan setelah mengenai struktur.

3.3.3 Kalibrasi Wave Probe

Kalibrasi dilakukan untuk mencari hubungan antara perubahan elektrode yang tercelup dengan perubahan voltase yang tercatat dalam recorder, yaitu dengan cara mencatat *zero point* dari *wave probe* dan merekam kalibrasinya dengan menaikkan serta menurunkan *wave probe* sejauh 15 cm dari posisi *zero point*. Kalibrasi harus dilakukan jika kondisi air dalam keadaan tenang. Setelah proses kalibrasi selesai, *wave probe* dikembalikan pada posisi *zero point*. Kalibrasi ini bertujuan untuk memperoleh korelasi dari voltase terhadap elevasi muka air. Dari korelasi tersebut akan terbentuk persamaan regresi yang akan digunakan untuk mengubah hasil rekaman *wave probe* yang berupa voltase menjadi tinggi gelombang yang sebenarnya. Hasil kalibrasi *wave probe* dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3.10 Kalibrasi *wave probe*

Semua file kalibrasi akan dijadikan satu dengan file pengujian berdasarkan variasi-variasi yang sudah ditentukan. Berikut aturan penamaan untuk file kalibrasi :

Tabel 3.2 Format penamaan file kalibrasi

No	Nama File	Uraian	Keterangan
1	U4	Probe dinaikkan 15 cm	Channel 1 dan 2 bersamaan
2	U3	Probe dinaikkan 10 cm	Channel 1 dan 2 bersamaan
3	U2	Probe dinaikkan 5 cm	Channel 1 dan 2 bersamaan
4	0	Probe pada posisi awal	Channel 1 dan 2 bersamaan
5	D2	Probe diturunkan 5 cm	Channel 1 dan 2 bersamaan
6	D3	Probe diturunkan 10 cm	Channel 1 dan 2 bersamaan
7	D4	Probe diturunkan 15 cm	Channel 1 dan 2 bersamaan

3.3.4 Proses Pengujian

Setelah model *seawall* dan *wave probe* dipasang pada *flume tank*, kemudian dilakukan kalibrasi *wave probe* maka *running* gelombang bisa dilakukan dengan menginput parameter yang sudah direncanakan sebelumnya. Seperti yang sudah dijelaskan, terdapat 2 variasi periode gelombang, 4 variasi tinggi gelombang dan 3 variasi kemiringan batu pelindung BPPT-lock. Jenis gelombang yang dibangkitkan berupa gelombang *irregular* dengan spektrum JONSWAP pada komputer pengendali. Tinggi dan periode gelombang yang diinputkan akan berbeda dengan tinggi dan periode yang keluar dari mesin pembangkit gelombang. Pengujian dilakukan dengan variasi tinggi gelombang, periode gelombang dan kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-lock seperti yang terlihat pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Input parameter gelombang pada komputer pengendali

No Percobaan	T (detik)	H (meter)	Sudut Kemiringan
1	1,2	0,03	1/1,15
2		0,05	
3		0,06	
4		0,07	
5	1,4	0,03	
6		0,05	
7		0,06	
8		0,07	
9	1,2	0,03	1/1,5
10		0,05	
11		0,06	
12		0,07	
13	1,4	0,03	
14		0,05	
15		0,06	
16		0,07	
17	1,2	0,03	1/2
18		0,05	
19		0,06	
20		0,07	
21	1,4	0,03	
22		0,05	
23		0,06	
24		0,07	

3.3.5 Pengukuran dan Pencatatan Data

a. Pengukuran

Setelah melakukan tahapan diatas maka pengukuran dapat dilakukan. Data yang terekam harus dicek secara terus menerus dengan melihat angka statistiknya. Data yang dihasilkan akan diolah dan digunakan sebagai bahan analisa koefisien refleksi.

b. Pencatatan data

Data yang dihasilkan oleh *wave probe* berupa data metah dengan format .TMH yang kemudian akan diubah ke format .xls dengan bantuan *software* Refana. Untuk memperoleh parameter gelombang seperti tinggi gelombang maksimum, tinggi gelombang signifikan, periode puncak dan periode rata-rata maka diolah dengan bantuan Anaware.

3.3.6 Analisa dan Pembahasan

Hasil dari pencatatan data pengujian akan diperoleh tinggi gelombang yang akan digunakan sebagai perhitungan koefisien refleksi gelombang. Perhitungan koefisien refleksi gelombang akan dibantu dengan menggunakan *software* Matlab. Hasil akhir dari analisa berupa grafik hubungan antara koefisien refleksi gelombang dengan *wave steffness*.

3.3.7 Kesimpulan

Dari analisa yang dilakukan akan menghasilkan grafik hubungan antara koefisien refleksi dengan *wave steffness* kemudian akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya. Sehingga akan didapat perbandingan berupa grafik perbandingan dalam menentukan persamaan dari data yang diperoleh.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

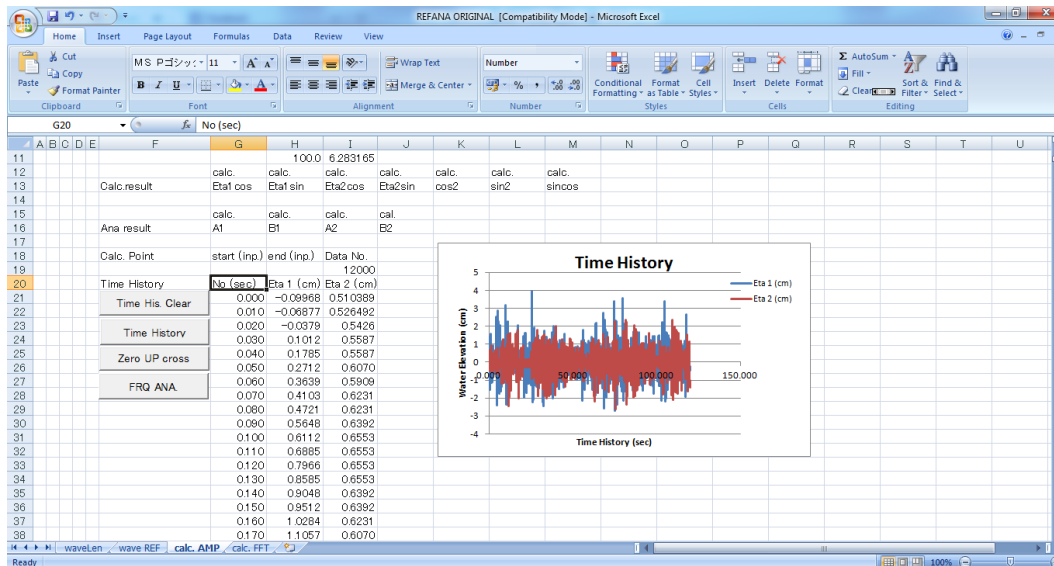
Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan diperoleh hasil dari masing-masing variasi tinggi dan periode gelombang serta tiga variasi kemiringan pelindung kaki. Sebelum melakukan pengujian diperlukan kalibrasi *wave probe* untuk mengetahui korelasi dari alat tersebut. Hal tersebut dilakukan karena fungsi *wave probe* sangat berpengaruh pada pengujian ini yaitu mencatat fluktuasi gelombang di depan model dan di depan pembangkit gelombang. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara menaikkan dan menurunkan *wave probe* sejauh 0,05 m, 0,1 m dan 0,15 m masing-masing dari posisi *zero point*. Setelah proses kalibrasi selesai, *wave probe* dikembalikan pada posisi *zero point*. Kalibrasi ini dilakukan untuk mencari hubungan antara perubahan elektrode yang tercelup air dengan perubahan voltase yang tercatat dalam perekam.

Data hasil yang diperoleh dari perekam *wave probe* yang dibaca oleh komputer berupa data mentah dalam bentuk file *.TMH dengan besaran volt, seperti yang terlihat pada gambar 4.1 :

Name	Date modified	Type	Size
KALIBRSI	22/03/2017 13:33	File folder	
h 3 t1.2 (10 menit).TMH	01/01/1998 0:30	TMH File	59 KB
H 5 T 1.2 (10 mnit).TMH	01/01/1998 1:08	TMH File	59 KB
H 6 T 1.2 (10 mnit).TMH	01/01/1998 2:25	TMH File	59 KB
H 7 T 1.2 (10 mnit).TMH	01/01/1998 3:53	TMH File	59 KB
H3 T1.4.TMH	01/01/1998 2:44	TMH File	18 KB
H5 T1.4.TMH	01/01/1998 2:30	TMH File	18 KB
H6 T1.4.TMH	01/01/1998 2:34	TMH File	18 KB
H7 T1.4.TMH	01/01/1998 2:38	TMH File	18 KB

Gambar 4.1 File mentah dalam format *.TMH

Kemudian file mentah tersebut akan diubah menjadi cm dengan Refana dari Microsoft Excel. Caranya cukup mudah, dengan input file *.TMH sebelumnya dengan klik menu *time history* seperti yang terlihat pada gambar 4.2. Data yang dihasilkan berupa waktu pada kolom pertama, eta *wave probe* 1 pada kolom kedua dan eta *wave probe* 2 pada kolom ketiga.



Gambar 4.2 Tampilan Refana

Untuk mengetahui tinggi dan periode gelombang, tahap selanjutnya yaitu mengolah data hasil Refana dengan AnaWare.exe. Sebelum menggunakan AnaWare.exe install terlebih dahulu Matlab, karena AnaWare merupakan *executable file* hasil dari Matlab *compiler*. Sehingga masih membutuhkan Matlab *compiler runtime* sebagai *deployment* agar AnaWare dapat berjalan. Kemudian salin data yang sudah diolah dengan Refana ke file excel baru dengan *type* penyimpanan excel 97-2003 *workbook*, dengan format penulisan :

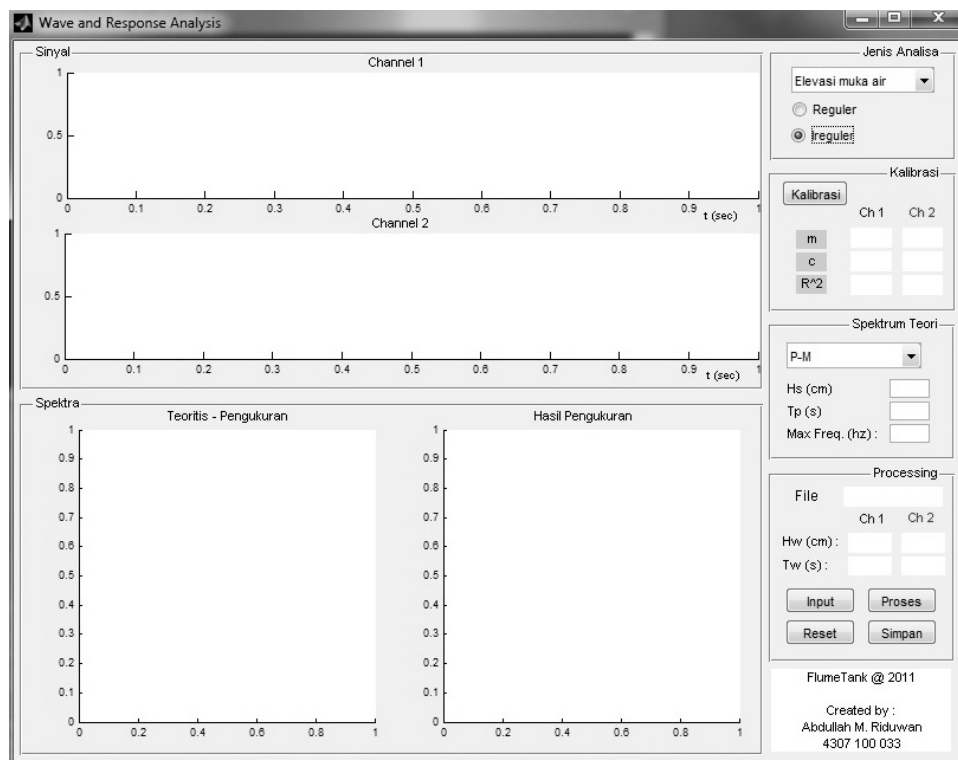
Tabel 4.1 Format penulisan pada file excel yang telah diproses oleh Refana

t	ch1	ch2
0,000	-0,03786	0,751936
0,004	-0,00695	0,751936
0,008	0,0240	0,7519
0,012	0,0240	0,7197
0,016	0,0085	0,7519
0,020	0,0394	0,7358
0,024	0,0240	0,7519
0,028	0,0240	0,7036
0,032	-0,0533	0,6875
0,036	-0,1151	0,7358
0,040	-0,1151	0,7036

Format penamaan file excel untuk kalibrasi bisa dilihat pada tabel 3.2, sedangkan untuk nama file yang akan dianalisa, menyesuaikan dengan kehendak

dari peneliti. Semua data kalibrasi dan yang akan dianalisa dijadikan satu dalam satu folder beserta AnaWare.exe.

Pada tampilan AnaWare seperti yang terlihat pada gambar 4.3 pilih jenis gelombang yang digunakan, misal gelombang *irregular* dengan spektrum Jonswap. Klik kalibrasi, setelah keluar hasil kalibrasinya pilih jenis spektrum Jonswap dan isi tinggi serta periode gelombang rencana dengan max frekuensi 2 Hz. Kemudian input file yang akan dianalisa, klik proses dan simpan.



Gambar 4.3 Tampilan AnaWare

Pada tampilan AnaWare hanya terlihat tinggi dan periode gelombang signifikan, sedangkan untuk hasil lengkapnya berupa parameter-parameter tertentu gelombang terdapat pada file result.doc yang contohnya dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut :

```

Calibration Equation
y = -1.871x + 0.002
Correlation Coefficient
R^2 = -1.000

Basic Output
+++++

Number of Waves      = 274
Standard Deviation   = 1.570
Variance             = 2.465

Wave Characteristic
+++++

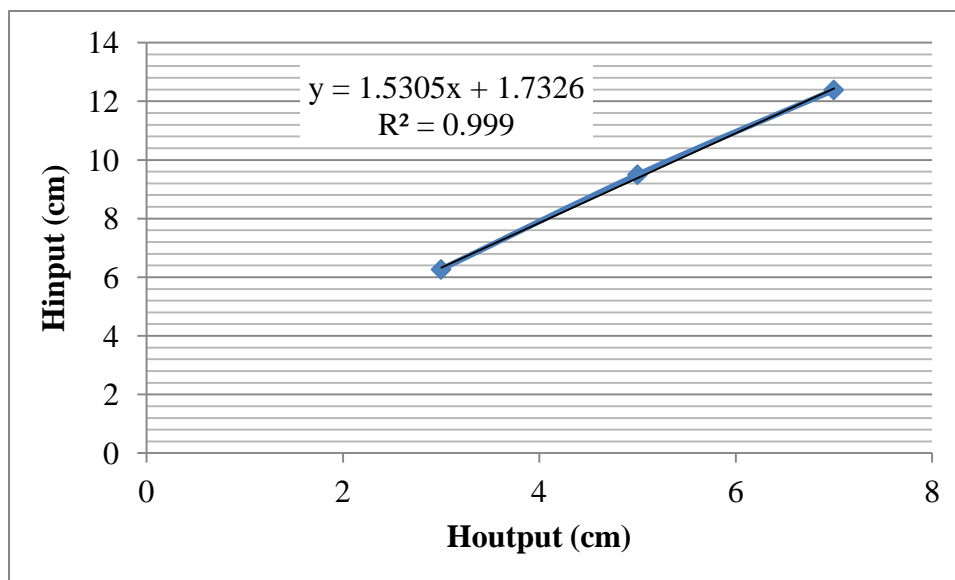
Min-First Moment (momen -1) = 0.86550
Zeroth Moment           = 2.45494
First Moment            = 7.42219
Second Moment           = 24.48394
Third Moment            = 91.60530
Fourth Moment           = 408.94934

Average Wave Period     = 2.0782 seconds
Wave Peak Period        = 1.5374 seconds
Mean Zero Crossing Period = 1.9896 seconds
Significant Wave Height = 6.2673 centimetres
Maximum Wave Height     = 11.0931 centimetres
Zero Moment Wave Height = 6.2673 centimetres
Average Wave Height     = 3.9171 centimetres
rms Wave Height         = 3.4846 centimetres
Average of Highest 1/10 = 7.9595 centimetres

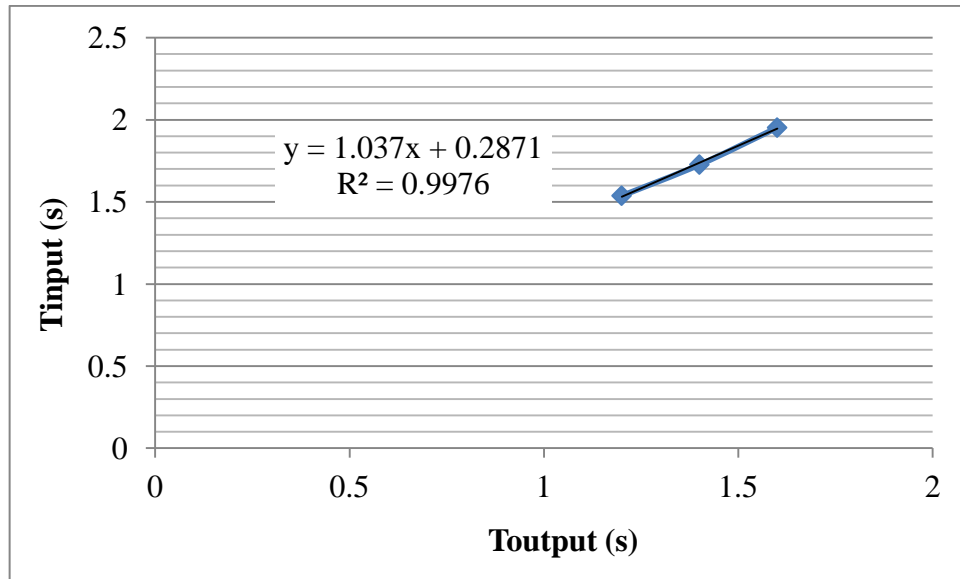
```

Gambar 4.4 Hasil lengkap Anaware

Karena keterbatasan kemampuan mesin, maka tidak bisa diperoleh tinggi dan periode gelombang sesuai yang direncanakan. Nilai tinggi dan periode gelombang yang diinputkan akan menghasilkan *output* yang berbeda pada mesin pembangkit gelombang. Berikut gambar grafik korelasi H_{input} dengan H_{output} gelombang :



Gambar 4.5 Grafik korelasi H_{input} dengan H_{output} pada $T_{input}=1,2$ detik



Gambar 4.6 Grafik korelasi T_{input} dengan T_{output} pada $H_{input}=3$ cm

Grafik pada gambar 4.5 menunjukkan nilai tinggi gelombang *input* memiliki tinggi gelombang *output* masing-masing. Sehingga jika ingin mencari berapa tinggi gelombang yang di *input*kan sesuai dengan tinggi gelombang rencana, dapat dicari dengan persamaan $y = 1.5305x + 1.7326$ dengan $R^2 = 0.999$. Begitu juga dengan periode gelombang, dapat dicari dengan persamaan $y = 1.037x + 0.2871$ dengan $R^2 = 0.9976$.

4.2 Analisa Dimensi

Pada penelitian ini, untuk analisa dimensi menggunakan metode Phi Buckingham yang sudah dibahas langkah-langkahnya di bab II. Langkah pertama untuk menganalisa dimensi yaitu dengan menentukan parameter-parameter penting yang berpengaruh terhadap refleksi gelombang. Parameter-parameter tersebut adalah tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), percepatan gravitasi (g), kemiringan batu pelindung (θ), panjang gelombang (L), kedalaman air (d) dan massa jenis air (ρ), dapat ditulis sebagai berikut :

$$f(H, T, g, \theta, L, d, \rho, C_r) = 0$$

Langkah kedua yaitu menentukan jumlah dimensi dasar dari parameter-parameter tersebut. Untuk mengetahui dimensi dasar apa yang digunakan maka tulis kembali parameter-parameter tersebut dalam bentuk dimensinya.

$$[L][T] \left[\frac{L}{T^2} \right] [L][L] \left[\frac{M}{L^3} \right] = 0$$

Dari dimensi-dimensi yang digunakan terdapat tiga dimensi dasar, yaitu M, L dan T. Langkah ketiga menentukan jumlah suku π yang diperoleh dengan cara $\pi = k - r$ dimana k adalah jumlah parameter-parameter berdimensi, sehingga :

$$\pi = k - r = 6 - 3 = 3$$

Langkah keempat yaitu menentukan parameter yang diulang untuk setiap suku π , yang mewakili masing-masing dimensi dasar sehingga jumlahnya sama dengan dimensi dasar. Agar lebih mudah, disarankan memilih parameter yang mempunyai dimensi tunggal.

$$M \rightarrow \rho$$

$$L \rightarrow H$$

$$T \rightarrow T$$

Langkah kelima yaitu menentukan jumlah pangkat dari suku-suku π , berikut hasil dari penjumlahan pangkat :

$$\pi_1 = \left[\frac{H}{g T^2} \right]^d$$

$$\pi_2 = \left[\frac{L}{H} \right]^d$$

$$\pi_3 = \left[\frac{d}{H} \right]^d$$

Langkah terakhir yaitu cek kembali persamaan π yang diperoleh apakah masih berdimensi atau tidak. Ketiga persamaan π tersebut merupakan persamaan tak berdimensi dan persamaan yang dipakai untuk analisa koefisien refleksi gelombang yaitu persamaan pertama, bentuk kecuraman gelombang (H/gT^2).

4.3 Perhitungan Koefisien Refleksi

Berdasarkan hasil percobaan dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) serta kemiringan batu pelindung didapatkan nilai koefisien refleksi gelombang. Perhitungan koefisien refleksi menggunakan Matlab dengan persamaan Goda dan Suzuki, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran. Berikut tabel yang menunjukkan koefisien refleksi dari variasi-variasi tersebut :

Tabel 4.2 Koefisien refleksi gelombang dari pengujian dengan beberapa variasi

Kemiringan 1 : 1,15

No	Hs ch1	Tp ch1	Hs ch2	Tp ch2	Cr
1	5.2571	1.5603	5.353	1.5508	0.91031
2	7.9337	1.4812	8.5463	1.4802	0.90545
3	9.7358	1.5494	10.1601	1.4889	0.87984
4	9.9566	1.507	10.1897	1.4174	0.8291
5	5.2735	1.6676	6.0178	1.7668	0.86421
6	8.6177	1.6895	9.6693	1.5967	0.8309
7	10.5559	1.71	11.5059	1.6041	0.73782
8	12.0586	1.6371	11.8918	1.5634	0.74695

Kemiringan 1 : 1,5

No	Hs ch1	Tp ch1	Hs ch2	Tp ch2	Cr
1	5.3831	1.6409	4.907	1.5866	0.80844
2	8.3057	1.528	7.322	1.483	0.77577
3	10.267	1.5989	8.9036	1.5332	0.74967
4	10.5059	1.5369	9.0361	1.4867	0.69027
5	5.4374	1.705	5.5145	1.724	0.70108
6	9.0837	1.6815	8.9157	1.6624	0.67738
7	10.7932	1.6862	10.3002	1.7112	0.6347
8	12.0864	1.6277	10.5234	1.6185	0.60038

Kemiringan 1 : 2

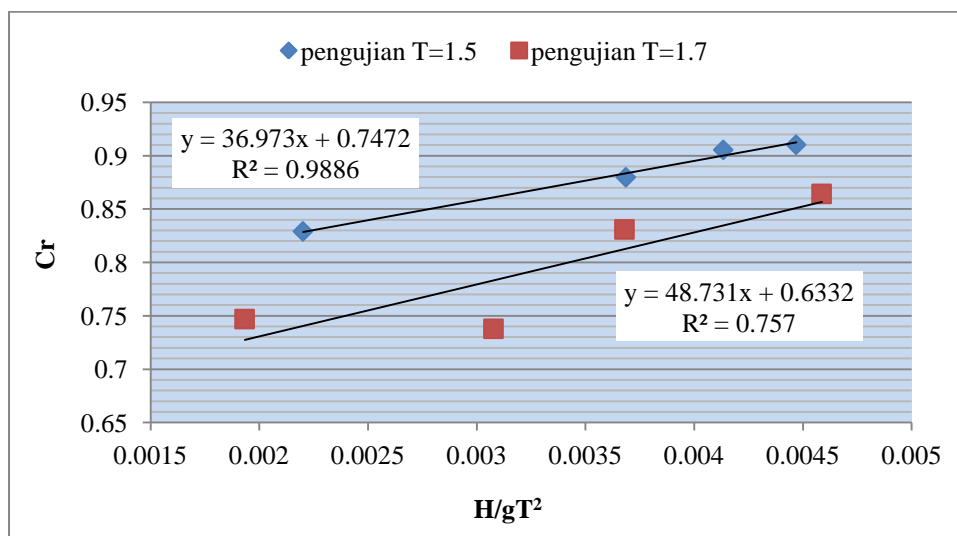
No	Hs ch1	Tp ch1	Hs ch2	Tp ch2	Cr
1	5.1292	1.5812	5.3184	1.5658	0.53639
2	8.0031	1.4944	8.0155	1.5094	0.51849
3	9.7941	1.5826	9.5698	1.5318	0.52542
4	10.4006	1.5525	10.0101	1.4835	0.50478
5	5.3079	1.6589	5.6647	1.6551	0.49966
6	8.8086	1.6319	9.1303	1.7344	0.44427
7	10.5425	1.7128	10.5842	1.6558	0.48521
8	11.5485	1.6635	11.6082	1.5946	0.4159

Berdasarkan tabel 4.3 dapat diketahui nilai koefisien refleksi minimal adalah 0,4159 terdapat pada variasi tinggi gelombang sebesar 0,11 m dan periode gelombang 1,7 detik di kemiringan 1 : 2. Sedangkan nilai koefisien refleksi maksimal adalah 0,91031 terdapat pada variasi tinggi gelombang sebesar 0,53 m dan periode gelombang 1,6 detik di kemiringan paling curam, yaitu 1 : 1,15.

4.4 Pengaruh H/gT^2 terhadap Koefisien Refleksi

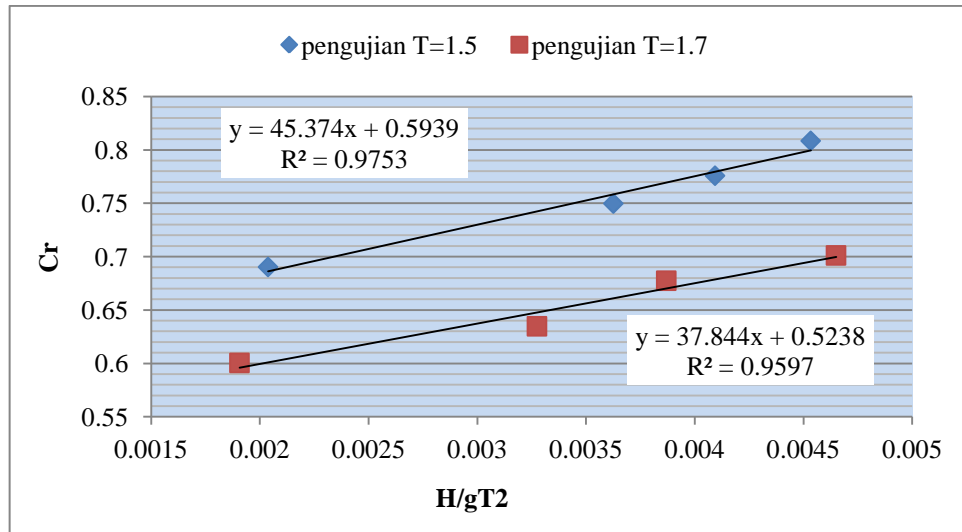
Setelah melakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), maka didapatkan titik-titik penyebaran nilai koefisien refleksi. Dari ketiga grafik perbandingan antara koefisien refleksi dan kecuraman gelombang, baik pada kemiringan 1 : 1,15 ; 1 : 1,5 maupun 1 : 2 didapatkan bahwa semakin besar kecuraman gelombang maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang. Atau dapat dikatakan bahwa hubungan antara koefisien refleksi dan kecuraman gelombang adalah berbanding lurus.

Untuk lebih jelasnya, berikut adalah grafik-grafik yang menunjukkan nilai koefisien refleksi berdasarkan pengaruh bentuk kecuraman gelombang (H/gT^2).



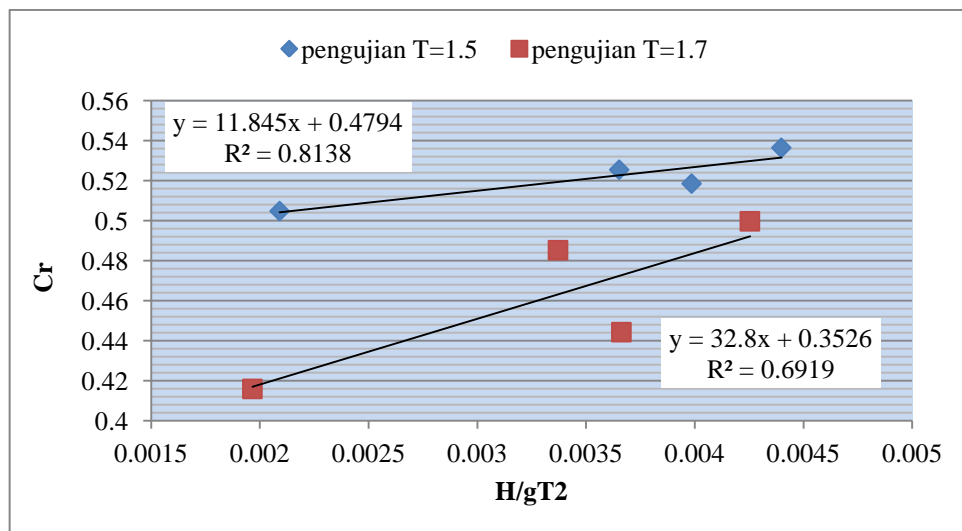
Gambar 4.7 Grafik pengaruh bentuk kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang pada kemiringan 1:1,15

Dari gambar 4.7 dapat diketahui bahwa rentang nilai H/gT^2 yang berada pada sumbu x yaitu antara 0,002 sampai dengan 0,005. Sedangkan rentang koefisien refleksi gelombang yang berada pada sumbu y yaitu antara 0,7 sampai dengan 0,9. Didapatkan pula hasil regresi linear ketika periode gelombang 1,5 detik adalah $y = 36.973x + 0.7472$ dengan nilai korelasi linear $R^2 = 0.9886$, sedangkan pada periode gelombang 1,7 detik $y = 48.731x + 0.6332$ dengan nilai korelasi linear $R^2 = 0.757$.



Gambar 4.8 Grafik pengaruh bentuk kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang pada kemiringan 1:1,5

Dari gambar 4.8 dapat diketahui bahwa rentang nilai H/gT^2 yang berada pada sumbu x yaitu antara 0,002 sampai dengan 0,005. Sedangkan rentang koefisien refleksi gelombang yang berada pada sumbu y yaitu antara 0,6 sampai dengan 0,8. Didapatkan pula hasil regresi linear ketika periode gelombang 1,5 detik adalah $y = 45.374x + 0.5939$ dengan nilai korelasi linear $R^2 = 0.9753$, sedangkan pada periode gelombang 1,7 detik $y = 37.844x + 0.5238$ dengan nilai korelasi linear $R^2 = 0.9597$.



Gambar 4.9 Grafik pengaruh bentuk kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang pada kemiringan 1:2

Dari gambar 4.10 dapat diketahui bahwa rentang nilai H/gT^2 yang berada pada sumbu x yaitu antara 0,002 sampai dengan 0,045. Sedangkan rentang koefisien refleksi gelombang yang berada pada sumbu y yaitu antara 0,4 sampai dengan 0,55. Didapatkan pula hasil regresi linear ketika periode gelombang 1,5 detik adalah $y = 11.845x + 0.4794$ dengan nilai korelasi linear $R^2 = 0.8138$, sedangkan pada periode gelombang 1,7 detik $y = 32.8x + 0.3526$ dengan nilai korelasi linear $R^2 = 0.6919$.

4.5 Pengaruh Kemiringan Batu Pelindung terhadap Koefisien Refleksi

Untuk mengetahui pengaruh kemiringan batu pelindung BPPT-*lock* terhadap koefisien refleksi dapat dilakukan dengan mencari rata-rata koefisien refleksi yang terjadi di setiap variasi kemiringan. Berikut tabel rata-rata koefisien refleksi berdasarkan kemiringan.

Tabel 4.3 Rata-rata koefisien refleksi gelombang berdasarkan kemiringan batu pelindung BPPT-*lock*
Kemiringan 1 : 1,15

No	Hs ch1	Tp ch1	Hs ch2	Tp ch2	Cr	avg Cr
1	5.2571	1.5603	5.353	1.5508	0.91031	0.838073
2	7.9337	1.4812	8.5463	1.4802	0.90545	
3	9.7358	1.5494	10.1601	1.4889	0.87984	
4	9.9566	1.507	10.1897	1.4174	0.8291	
5	5.2735	1.6676	6.0178	1.7668	0.86421	
6	8.6177	1.6895	9.6693	1.5967	0.8309	
7	10.5559	1.71	11.5059	1.6041	0.73782	
8	12.0586	1.6371	11.8918	1.5634	0.74695	

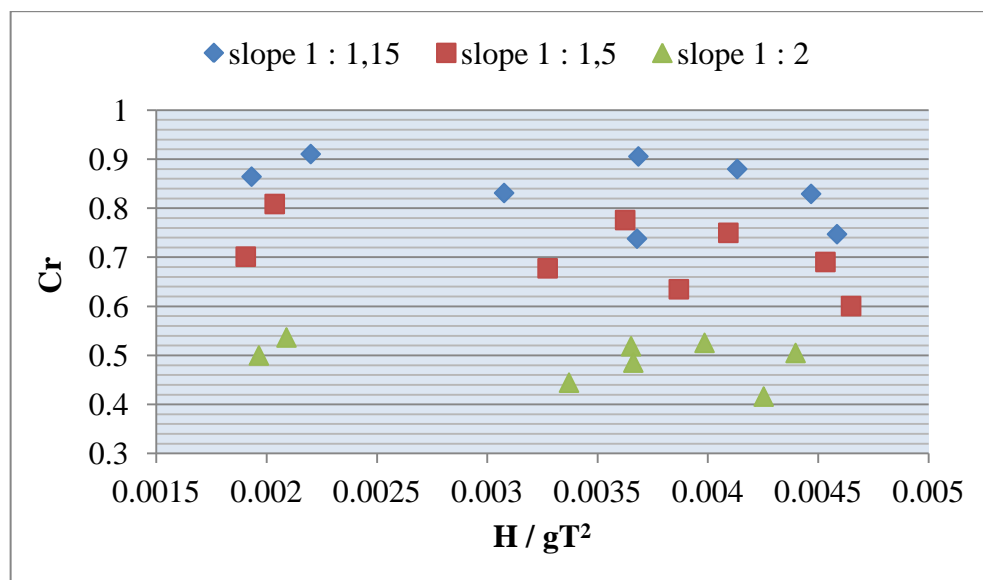
Kemiringan 1 : 1,5

No	Hs ch1	Tp ch1	Hs ch2	Tp ch2	Cr	avg Cr
1	5.3831	1.6409	4.907	1.5866	0.80844	0.704711
2	8.3057	1.528	7.322	1.483	0.77577	
3	10.267	1.5989	8.9036	1.5332	0.74967	
4	10.5059	1.5369	9.0361	1.4867	0.69027	
5	5.4374	1.705	5.5145	1.724	0.70108	
6	9.0837	1.6815	8.9157	1.6624	0.67738	
7	10.7932	1.6862	10.3002	1.7112	0.6347	
8	12.0864	1.6277	10.5234	1.6185	0.60038	

Kemiringan 1 : 2

No	Hs ch1	Tp ch1	Hs ch2	Tp ch2	Cr	avg Cr
1	5.1292	1.5812	5.3184	1.5658	0.53639	0.491265
2	8.0031	1.4944	8.0155	1.5094	0.51849	
3	9.7941	1.5826	9.5698	1.5318	0.52542	
4	10.4006	1.5525	10.0101	1.4835	0.50478	
5	5.3079	1.6589	5.6647	1.6551	0.49966	
6	8.8086	1.6319	9.1303	1.7344	0.44427	
7	10.5425	1.7128	10.5842	1.6558	0.48521	
8	11.5485	1.6635	11.6082	1.5946	0.4159	

Pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa semakin landai kemiringan batu pelindung, maka semakin kecil pula koefisien refleksi yang dihasilkan. Selain dengan tabel, dapat dilihat juga pada grafik berikut :



Gambar 4.10 Grafik pengaruh kemiringan terhadap koefisien refleksi gelombang

Pada gambar 4.11 terlihat juga bahwa semakin curam kemiringan batu pelindung BPPT-lock maka semakin tinggi koefisien refleksi yang dihasilkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *seawall* dengan kemiringan batu pelindung BPPT-lock 1:1,15 merupakan desain yang paling baik diantara tiga kemiringan batu pelindung yang diuji. Karena angka koefisien refleksi yang tinggi menunjukkan bahwa gelombang yang datang mengenai *seawall* hampir dipantulkan seluruhnya ke laut. Ketika gelombang dipantulkan kembali ke laut dan bertabrakan dengan gelombang datang maka akan menyebabkan gelombang

berdiri di dekat pantai. Saat gelombang tersebut kembali membentur struktur dan kembali ke laut, gelombang tidak membawa material seperti pasir atau batu pelindung. Hal tersebut dikarenakan energi gelombang yang tersisa tidak cukup kuat untuk mengikis batu pelindung yang ada sehingga tidak akan terjadi erosi pada *toe protection*.

4.6 Perbandingan Hasil Pengujian dengan Penelitian Sebelumnya

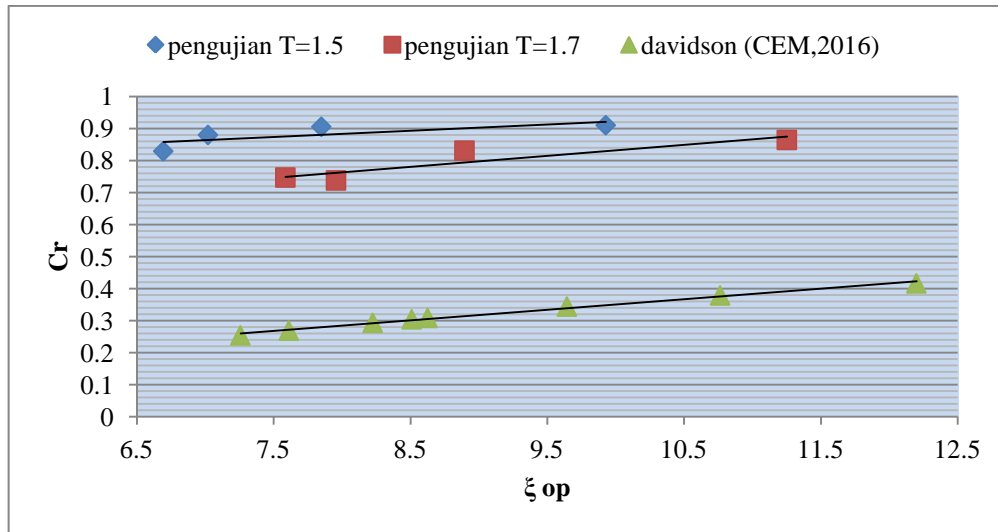
Hasil pengujian akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, seperti Davidson, Benoit dan Teisson, serta Allsop dan Hettiarachchi dengan penelitiannya yang juga mencari koefisien refleksi gelombang pada *seawall* dengan kemiringan dan jenis batu pelindung yang berbeda. Grafik hasil penelitian yang ditunjukkan yaitu hubungan antara koefisien refleksi dengan parameter puncak gelombang pecah (ξ), dengan persamaan :

$$C_r = \frac{a \times \xi^2}{(b + \xi^2)} \quad \xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2 \pi H_s}{g T^2}}}$$

Tabel 4.4 Data penelitian sebelumnya (CEM, 2006)

Peneliti	Struktur	Variable
Davidson	Field measurement on rock slope 1:1.1	$8 \leq \xi_{op} \leq 50$ $h < 2.5$ $a = 0.64$ $b = 80$
Benoit dan Teisson	2 layer rock armor slope 1:1.5 dan 1:2	$2.7 \leq \xi_{op} \leq 7$ $H_s = 0.03 - 0.09$ m $T_p = 1.3$ s $d = 0.4$ m $a = 0.6$ $b = 6.6$
Allsop dan Hettiarachchi	Tetrapods slope 1:1.5 dan 1:2	$a = 0.48$ $b = 9.62$

Untuk kemiringan 1 : 1.15 akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Davidson (CEM, 2006), berikut grafik perbandingannya :



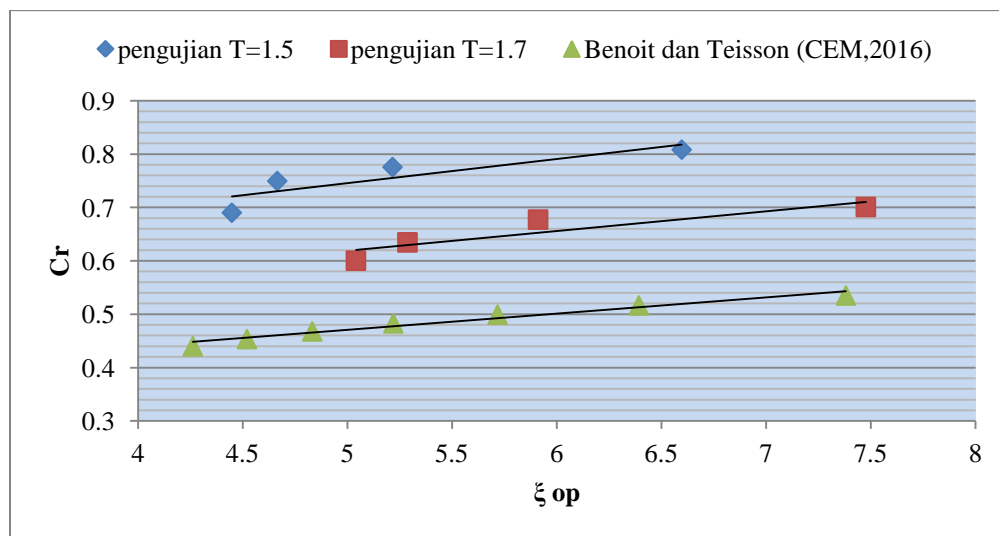
Gambar 4.11 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Davidson (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT-lock 1:1.15

Penelitian Davidson (CEM, 2006) menggunakan batu pelindung jenis batu alam dengan kemiringan 1 : 1.1 dan rentang parameter puncak gelombang $8 \leq \xi_{op} \leq 50$. Parameter puncak gelombang merupakan perbandingan sudut kemiringan batu pelindung dengan parameter gelombang seperti panjang gelombang, tinggi gelombang dan periode gelombang. Untuk ξ_{op} menggunakan parameter gelombang berupa tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang puncak.

Pada gambar 4.11 didapatkan bahwa hasil pengujian dan penelitian Davidson (CEM, 2006) memiliki kesamaan yaitu hubungan koefisien refleksi dan parameter puncak gelombang berbanding lurus, semakin besar parameter puncak gelombang yang diperoleh maka semakin besar juga koefisien refleksi yang didapatkan. Sedangkan untuk perbedaannya terletak pada koefisien refleksi yang dihasilkan, pada penelitian Davidson (CEM, 2006) rentang koefisien refleksi 0.2 sampai dengan 0.4 dan pada pengujian yang dilakukan rentang koefisien refleksi 0.7 sampai dengan 0.9. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, jenis batu pelindung yang digunakan, kedalaman air dan tinggi gelombang serta periode gelombang yang digunakan dalam pengujian.

Untuk pengujian dengan kemiringan batu pelindung 1 : 1.5 dan 1 : 2 akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Benoit dan Teisson (CEM, 2006) serta Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006). Pada penelitian Benoit dan

Teisson (CEM, 2006) digunakan dua lapis batu pelindung berupa armor, rentang tinggi gelombang signifikan yang digunakan 0.03 sampai dengan 0.09 meter, periode gelombang puncak 1.3 detik dan kedalaman air 0.4 meter, serta rentang parameter puncak gelombang $2.7 \leq \xi_{op} \leq 7$. Pada penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) digunakan batu pelindung berupa tetrapods dan periode gelombang rata-rata. Berikut grafik hasil perbandingan untuk kemiringan 1 : 1.5 :

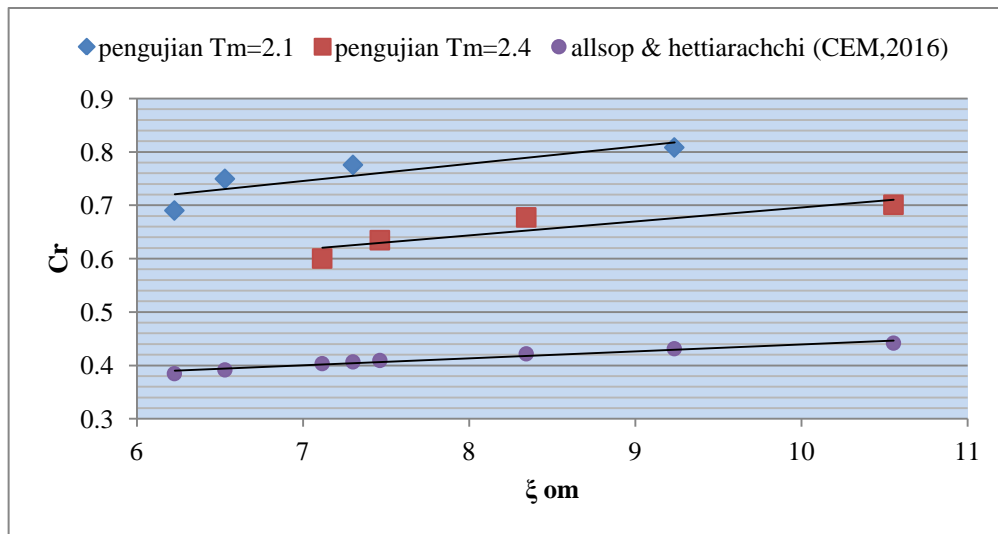


Gambar 4.12 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT-lock 1:1.5

Persamaan yang terdapat pada pengujian yang dilakukan dan penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) yaitu, grafik hubungan koefisien refleksi gelombang dengan parameter puncak gelombang adalah berbanding lurus. Semakin besar parameter puncak gelombang maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang yang didapatkan. Untuk pebedaannya terletak pada koefisien refleksi yang didapatkan, penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) menunjukkan koefisien refleksi gelombang yang lebih kecil yaitu 0.4 sampai dengan 0.55. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, jenis batu pelindung, tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang puncak.

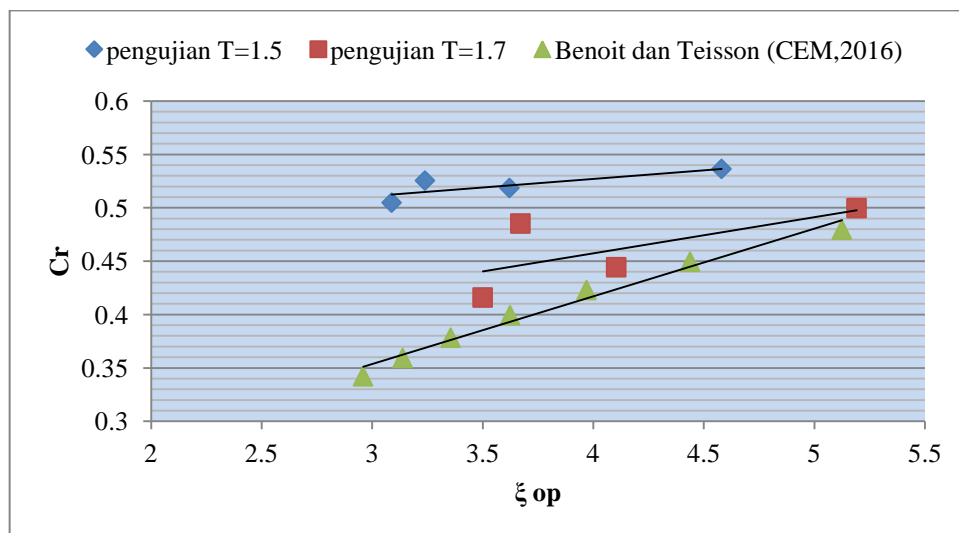
Persamaan dan perbedaan diatas juga berlaku pada penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006). Namun, pada penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) nilai parameter puncak gelombang lebih besar karena menggunakan periode gelombang rata-rata sebagai parameternya. Grafik hasil perbandingan

pengujian dengan penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) dapat dilihat pada gambar 4.13 :



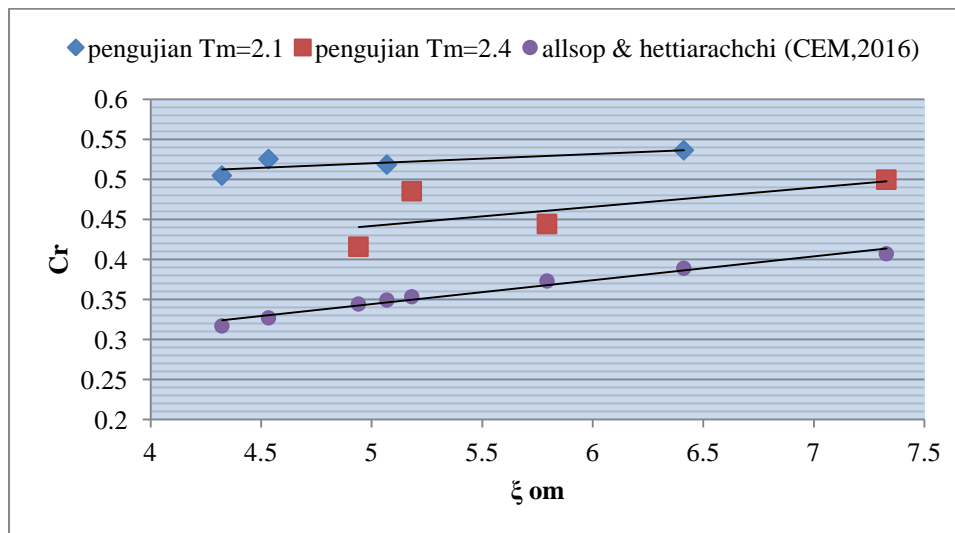
Gambar 4.13 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT-lock 1:1.5

Untuk kemiringan batu pelindung 1 : 2 juga dibandingkan dengan penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) serta Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006). Berikut grafik hasil perbandingan pengujian dengan pelitian yang dilakukan oleh Benoit dan Teisson (CEM, 2006) :



Gambar 4.14 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT-lock 1:2

Pada gambar 4.14 menunjukkan persamaan yang sama dengan kemiringan sebelumnya bahwa semakin besar nilai parameter puncak gelombang, maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang yang dihasilkan. Untuk koefisien refleksi gelombang yang dihasilkan tidak berbeda jauh, namun pada penelitian Benoit dan Teisson (CEM, 2006) memiliki koefisien refleksi gelombang yang lebih kecil jika dibandingkan dengan pengujian yang menggunakan BPPT-*lock*. Begitu juga hasil perbandingan dengan penelitian yang dilakukan oleh Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006), hubungan koefisien refleksi gelombang dengan parameter puncak gelombang adalah berbanding lurus. Grafik hasil perbandingan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.15 Grafik perbandingan hasil pengujian dengan penelitian Allsop dan Hettiarachchi (CEM, 2006) pada kemiringan batu pelindung BPPT-*lock* 1:2

Dapat dilihat pada gambar 4.15 bahwa parameter puncak gelombang memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Benoit dan Teisson (CEM, 2006). Hal tersebut dikarenakan parameter puncak gelombang menggunakan periode rata-rata bukan periode puncak sebagai parameter gelombangnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Koefisien refleksi terbesar terdapat pada kemiringan 1:1,15 ketika tinggi gelombang 0,53 m dan periode gelombang 1,6 detik dengan koefisien refleksi 0,91031. Sedangkan koefisien refleksi terkecil terdapat pada kemiringan 1:2 ketika tinggi gelombang 0,11 m dan periode gelombang 1,7 detik dengan koefisien refleksi 0,4159.
2. Semakin curam kemiringan batu pelindung maka semakin besar koefisien refleksi yang dihasilkan, dan sebaliknya semakin landai kemiringan batu pelindung maka semakin kecil koefisien refleksi gelombang yang dihasilkan.

5.2 Saran

Dari penelitian yang dilakukan, saran dari peneliti untuk penelitian selanjutnya yang serupa adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penelitian refleksi gelombang pada *seawall* dengan memperbanyak variasi periode dan tinggi gelombang, kemiringan batu pelindung, kedalaman air serta jenis spektrum gelombang lain selain Jonswap.
2. Mengkombinasikan jenis batu pelindung, seperti batu pecah, tetrapod, armor, dan lain-lain.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

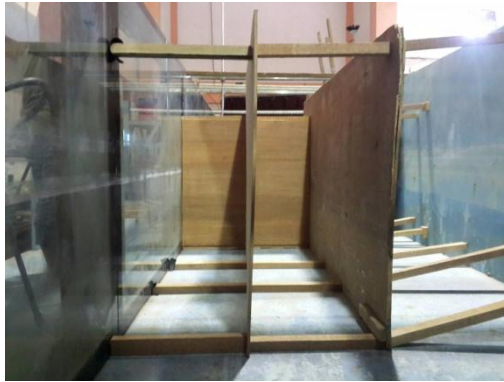
- Al Muzakki, Rizqi Haryono. 2010. "Studi Eksperimen Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Terapung Tipe Pile". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bhattacharyya. 1972. "Dynamic of Marine Vehicles, a Wiley Interscience Publication". New York: John Wiley & Sons.
- Darwis, Wahyudi. 2014. "Studi Refleksi Gelombang Pada Peredam Gelombang Sisi Miring Berpori Secara Eksperimental". Makassar: Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Djarmiko, E.B. 2012. "Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak". Surabaya: ITS Press.
- Goda, Yoshimi. 1985. "Random Seas and Design of Maritim Structure". Japan: University of Tokyo Press.
- Hughes, S.A. 1993. "Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering". USA: Coastal Engineering Research Center.
- I.Yuwono, Nur. 1982. Dasar – Dasar Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Biro Penerbit FT UGM.
- MR, Abdullah. 2011. "Perangkat Lunak Terpadu pada Analisa Model Gelombang Acak pada Saluran Gelombang Jurusan Teknik Kelautan ITS". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, Arya Okvan Pradana. 2012. "Pengaruh Elevasi Muka Air Laut Pada Koefisien Transmisi dan Refleksi *Composite Breakwater*". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Riane, Okky Intan. "Analisis Refleksi Gelombang Pada *Floating Breakwater* Dengan Tiang Pancang". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Triatmodjo, Bambang. 1999. "Teknik Pantai". Yogyakarta: Beta Offset.
- U.S. Army. 2006. *Coastal Engineering Manual*. Washington D.C.: Departement of the Army, U.S. Army Corps of Engineers.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

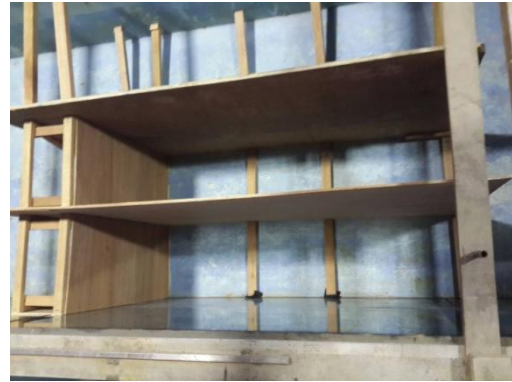
PROSES PEMBUATAN MODEL *SEAWALL*



Papan tegak sebagai *seawall*



a. Tampak depan



b. Tampak atas

Penyekatan *flume tank*



Penataan batako sebagai dasar laut



a. Pembuatan kantong pasir



b. Pengecatan batu pelindung

Pembuatan bahan dasar *toe protection*

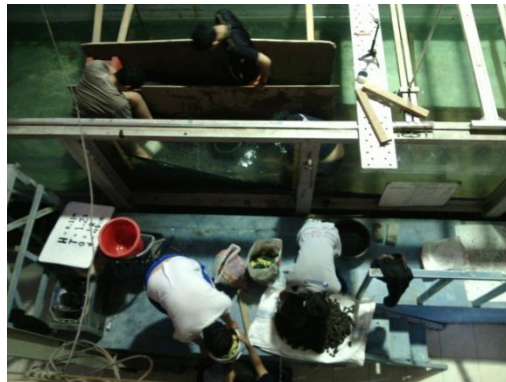


a. Tampak samping



b. Tampak atas

Penataan batu pelindung



Proses pergantian sudut kemiringan batu pelindung

DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KORELASI

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

=====
Nama File: H3 T1,2.xls
=====

Average Wave Period	=	2.4662	seconds
Wave Peak Period	=	1.5374	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9896	seconds
Significant Wave Height	=	6.2673	centimetres
Maximum Wave Height	=	11.0931	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	6.2673	centimetres
Average Wave Height	=	3.9171	centimetres
rms Wave Height	=	3.4846	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.9595	centimetres

=====
Nama File: H3 T1,4.xls
=====

Average Wave Period	=	2.6531	seconds
Wave Peak Period	=	1.7270	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3249	seconds
Significant Wave Height	=	5.9714	centimetres
Maximum Wave Height	=	10.5693	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.9714	centimetres
Average Wave Height	=	3.7321	centimetres
rms Wave Height	=	3.3201	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.5836	centimetres

=====
Nama File: H3 T1,6.xls
=====

Average Wave Period	=	2.8091	seconds
Wave Peak Period	=	1.9522	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.6542	seconds
Significant Wave Height	=	6.5327	centimetres
Maximum Wave Height	=	11.5628	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	6.5327	centimetres
Average Wave Height	=	4.0829	centimetres
rms Wave Height	=	3.6322	centimetres
Average of Highest 1/10	=	8.2965	centimetres

=====
Nama File: H5 T1,2.xls
=====

Average Wave Period	=	2.4664	seconds
Wave Peak Period	=	1.5146	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9489	seconds
Significant Wave Height	=	9.4985	centimetres
Maximum Wave Height	=	16.8124	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.4985	centimetres
Average Wave Height	=	5.9366	centimetres
rms Wave Height	=	5.2812	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.0631	centimetres

=====

Nama File: H5 T1,4.xls

=====

Average Wave Period	=	2.6562	seconds
Wave Peak Period	=	1.7074	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3346	seconds
Significant Wave Height	=	11.1077	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.6605	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.1077	centimetres
Average Wave Height	=	6.9423	centimetres
rms Wave Height	=	6.1759	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.1067	centimetres

=====

Nama File: H5 T1,6.xls

=====

Average Wave Period	=	2.8260	seconds
Wave Peak Period	=	1.9250	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.6626	seconds
Significant Wave Height	=	11.1833	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.7944	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.1833	centimetres
Average Wave Height	=	6.9895	centimetres
rms Wave Height	=	6.2179	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.2027	centimetres

=====

Nama File: H7 T1,2.xls

=====

Average Wave Period	=	2.4793	seconds
Wave Peak Period	=	1.5658	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0300	seconds
Significant Wave Height	=	12.3892	centimetres
Maximum Wave Height	=	21.9289	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	12.3892	centimetres
Average Wave Height	=	7.7433	centimetres
rms Wave Height	=	6.8884	centimetres
Average of Highest 1/10	=	15.7343	centimetres

End of analysis result

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

=====
Nama File: H7 T1,4.xls
=====

Average Wave Period	=	2.6713	seconds
Wave Peak Period	=	1.4596	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2226	seconds
Significant Wave Height	=	14.6017	centimetres
Maximum Wave Height	=	25.8450	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	14.6017	centimetres
Average Wave Height	=	9.1260	centimetres
rms Wave Height	=	8.1185	centimetres
Average of Highest 1/10	=	18.5441	centimetres

DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KEMIRINGAN 1 : 1,15

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

=====
Nama File: H 3 T 1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.1004	seconds
Wave Peak Period	=	1.5603	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0141	seconds
Significant Wave Height	=	5.2571	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.3050	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.2571	centimetres
Average Wave Height	=	3.2857	centimetres
rms Wave Height	=	2.9229	centimetres
Average of Highest 1/10	=	6.6765	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.0610	seconds
Wave Peak Period	=	1.5508	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9704	seconds
Significant Wave Height	=	5.3530	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.4748	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.3530	centimetres
Average Wave Height	=	3.3456	centimetres
rms Wave Height	=	2.9763	centimetres
Average of Highest 1/10	=	6.7983	centimetres

=====
Nama File: H 3 T 1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4133	seconds
Wave Peak Period	=	1.6676	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2962	seconds
Significant Wave Height	=	5.2735	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.3342	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.2735	centimetres
Average Wave Height	=	3.2960	centimetres
rms Wave Height	=	2.9321	centimetres
Average of Highest 1/10	=	6.6974	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5496	seconds
Wave Peak Period	=	1.7668	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.4223	seconds
Significant Wave Height	=	6.0178	centimetres

Maximum Wave Height	=	10.6514	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	6.0178	centimetres
Average Wave Height	=	3.7611	centimetres
rms Wave Height	=	3.3459	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.6426	centimetres

=====

Nama File: H 5 T 1.2.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.0208	seconds
Wave Peak Period	=	1.4812	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9398	seconds
Significant Wave Height	=	7.9337	centimetres
Maximum Wave Height	=	14.0426	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	7.9337	centimetres
Average Wave Height	=	4.9585	centimetres
rms Wave Height	=	4.4111	centimetres
Average of Highest 1/10	=	10.0757	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	1.9707	seconds
Wave Peak Period	=	1.4802	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.8943	seconds
Significant Wave Height	=	8.5463	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.1269	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.5463	centimetres
Average Wave Height	=	5.3414	centimetres
rms Wave Height	=	4.7517	centimetres
Average of Highest 1/10	=	10.8538	centimetres

=====

Nama File: H 5 T 1.4.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4160	seconds
Wave Peak Period	=	1.6895	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2975	seconds
Significant Wave Height	=	8.6177	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.2534	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.6177	centimetres
Average Wave Height	=	5.3861	centimetres
rms Wave Height	=	4.7915	centimetres
Average of Highest 1/10	=	10.9445	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.4820	seconds
Wave Peak Period	=	1.5967	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3263	seconds
Significant Wave Height	=	9.6693	centimetres
Maximum Wave Height	=	17.1147	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.6693	centimetres
Average Wave Height	=	6.0433	centimetres

rms Wave Height = 5.3762 centimetres
Average of Highest 1/10 = 12.2801 centimetres

=====

Nama File: H 6 T 1.2.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period = 2.1842 seconds
Wave Peak Period = 1.5494 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0904 seconds
Significant Wave Height = 9.7358 centimetres
Maximum Wave Height = 17.2324 centimetres
Zero Moment Wave Height = 9.7358 centimetres
Average Wave Height = 6.0849 centimetres
rms Wave Height = 5.4131 centimetres
Average of Highest 1/10 = 12.3645 centimetres

Channel 2

Average Wave Period = 2.1586 seconds
Wave Peak Period = 1.4889 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.0521 seconds
Significant Wave Height = 10.1601 centimetres
Maximum Wave Height = 17.9834 centimetres
Zero Moment Wave Height = 10.1601 centimetres
Average Wave Height = 6.3501 centimetres
rms Wave Height = 5.6490 centimetres
Average of Highest 1/10 = 12.9033 centimetres

=====

Nama File: H 6 T 1.4.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period = 2.4677 seconds
Wave Peak Period = 1.7100 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3522 seconds
Significant Wave Height = 10.5559 centimetres
Maximum Wave Height = 18.6839 centimetres
Zero Moment Wave Height = 10.5559 centimetres
Average Wave Height = 6.5974 centimetres
rms Wave Height = 5.8691 centimetres
Average of Highest 1/10 = 13.4060 centimetres

Channel 2

Average Wave Period = 2.5127 seconds
Wave Peak Period = 1.6041 seconds
Mean Zero Crossing Period = 2.3624 seconds
Significant Wave Height = 11.5059 centimetres
Maximum Wave Height = 20.3654 centimetres
Zero Moment Wave Height = 11.5059 centimetres
Average Wave Height = 7.1912 centimetres
rms Wave Height = 6.3973 centimetres
Average of Highest 1/10 = 14.6125 centimetres

=====
Nama File: H 7 T 1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.0983	seconds
Wave Peak Period	=	1.5070	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0118	seconds
Significant Wave Height	=	9.9566	centimetres
Maximum Wave Height	=	17.6231	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.9566	centimetres
Average Wave Height	=	6.2229	centimetres
rms Wave Height	=	5.5359	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.6449	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.0515	seconds
Wave Peak Period	=	1.4174	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9521	seconds
Significant Wave Height	=	10.1897	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.0357	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.1897	centimetres
Average Wave Height	=	6.3686	centimetres
rms Wave Height	=	5.6655	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.9409	centimetres

=====
Nama File: H 7 T 1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.3473	seconds
Wave Peak Period	=	1.6371	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2438	seconds
Significant Wave Height	=	12.0586	centimetres
Maximum Wave Height	=	21.3437	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	12.0586	centimetres
Average Wave Height	=	7.5366	centimetres
rms Wave Height	=	6.7046	centimetres
Average of Highest 1/10	=	15.3144	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.3760	seconds
Wave Peak Period	=	1.5634	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2392	seconds
Significant Wave Height	=	11.8918	centimetres
Maximum Wave Height	=	21.0486	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.8918	centimetres
Average Wave Height	=	7.4324	centimetres
rms Wave Height	=	6.6119	centimetres
Average of Highest 1/10	=	15.1026	centimetres

DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KEMIRINGAN 1 : 1,5

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

=====
Nama File: H3 T1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.1143	seconds
Wave Peak Period	=	1.6409	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0365	seconds
Significant Wave Height	=	5.3831	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.5281	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.3831	centimetres
Average Wave Height	=	3.3645	centimetres
rms Wave Height	=	2.9930	centimetres
Average of Highest 1/10	=	6.8366	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.0710	seconds
Wave Peak Period	=	1.5866	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9817	seconds
Significant Wave Height	=	4.9070	centimetres
Maximum Wave Height	=	8.6854	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	4.9070	centimetres
Average Wave Height	=	3.0669	centimetres
rms Wave Height	=	2.7283	centimetres
Average of Highest 1/10	=	6.2319	centimetres

=====
Nama File: H3 T1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.3979	seconds
Wave Peak Period	=	1.7050	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2808	seconds
Significant Wave Height	=	5.4374	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.6242	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.4374	centimetres
Average Wave Height	=	3.3984	centimetres
rms Wave Height	=	3.0232	centimetres
Average of Highest 1/10	=	6.9055	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5206	seconds
Wave Peak Period	=	1.7240	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3798	seconds
Significant Wave Height	=	5.5145	centimetres

Maximum Wave Height	=	9.7606	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.5145	centimetres
Average Wave Height	=	3.4465	centimetres
rms Wave Height	=	3.0660	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.0034	centimetres

=====

Nama File: H5 T1.2.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.0301	seconds
Wave Peak Period	=	1.5280	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9549	seconds
Significant Wave Height	=	8.3057	centimetres
Maximum Wave Height	=	14.7010	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.3057	centimetres
Average Wave Height	=	5.1910	centimetres
rms Wave Height	=	4.6179	centimetres
Average of Highest 1/10	=	10.5482	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	1.9675	seconds
Wave Peak Period	=	1.4830	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.8889	seconds
Significant Wave Height	=	7.3220	centimetres
Maximum Wave Height	=	12.9600	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	7.3220	centimetres
Average Wave Height	=	4.5763	centimetres
rms Wave Height	=	4.0711	centimetres
Average of Highest 1/10	=	9.2990	centimetres

=====

Nama File: H5 T1.4.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4504	seconds
Wave Peak Period	=	1.6815	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3311	seconds
Significant Wave Height	=	9.0837	centimetres
Maximum Wave Height	=	16.0781	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.0837	centimetres
Average Wave Height	=	5.6773	centimetres
rms Wave Height	=	5.0505	centimetres
Average of Highest 1/10	=	11.5363	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5593	seconds
Wave Peak Period	=	1.6624	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.4103	seconds
Significant Wave Height	=	8.9157	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.7808	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.9157	centimetres

Average Wave Height	=	5.5723	centimetres
rms Wave Height	=	4.9571	centimetres
Average of Highest 1/10	=	11.3229	centimetres

=====

Nama File: H6 T1.2.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.1907	seconds
Wave Peak Period	=	1.5989	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.1042	seconds
Significant Wave Height	=	10.2670	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.1727	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.2670	centimetres
Average Wave Height	=	6.4169	centimetres
rms Wave Height	=	5.7085	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.0391	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.1724	seconds
Wave Peak Period	=	1.5332	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0677	seconds
Significant Wave Height	=	8.9036	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.7594	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.9036	centimetres
Average Wave Height	=	5.5648	centimetres
rms Wave Height	=	4.9504	centimetres
Average of Highest 1/10	=	11.3076	centimetres

=====

Nama File: H6 T1.4.xls

=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4655	seconds
Wave Peak Period	=	1.6862	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3430	seconds
Significant Wave Height	=	10.7932	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.1040	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.7932	centimetres
Average Wave Height	=	6.7458	centimetres
rms Wave Height	=	6.0010	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.7074	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5971	seconds
Wave Peak Period	=	1.7112	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.4578	seconds
Significant Wave Height	=	10.3002	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.2314	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.3002	centimetres
Average Wave Height	=	6.4376	centimetres
rms Wave Height	=	5.7269	centimetres

Average of Highest 1/10 = 13.0813 centimetres
=====

Nama File: H7 T1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.1080	seconds
Wave Peak Period	=	1.5369	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0273	seconds
Significant Wave Height	=	10.5059	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.5954	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.5059	centimetres
Average Wave Height	=	6.5662	centimetres
rms Wave Height	=	5.8413	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.3425	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.0709	seconds
Wave Peak Period	=	1.4867	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9795	seconds
Significant Wave Height	=	9.0361	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.9939	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.0361	centimetres
Average Wave Height	=	5.6476	centimetres
rms Wave Height	=	5.0241	centimetres
Average of Highest 1/10	=	11.4758	centimetres

=====

Nama File: H7 T1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.3416	seconds
Wave Peak Period	=	1.6277	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2361	seconds
Significant Wave Height	=	12.0864	centimetres
Maximum Wave Height	=	21.3929	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	12.0864	centimetres
Average Wave Height	=	7.5540	centimetres
rms Wave Height	=	6.7200	centimetres
Average of Highest 1/10	=	15.3497	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.4121	seconds
Wave Peak Period	=	1.6185	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2798	seconds
Significant Wave Height	=	10.5234	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.6263	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.5234	centimetres
Average Wave Height	=	6.5771	centimetres
rms Wave Height	=	5.8510	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.3647	centimetres

End of analysis result

DATA OUTPUT ANAWARE UNTUK KEMIRINGAN 1 : 2

Wave and Response Analysis - FlumeTank@2011

Beginning of analysis result

=====
Nama File: H3 T1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.1006	seconds
Wave Peak Period	=	1.5812	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0148	seconds
Significant Wave Height	=	5.6418	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.9861	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.6418	centimetres
Average Wave Height	=	3.5262	centimetres
rms Wave Height	=	3.1369	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.1651	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.0830	seconds
Wave Peak Period	=	1.5658	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9890	seconds
Significant Wave Height	=	5.5521	centimetres
Maximum Wave Height	=	9.8272	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.5521	centimetres
Average Wave Height	=	3.4701	centimetres
rms Wave Height	=	3.0870	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.0512	centimetres

=====
Nama File: H3 T1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4024	seconds
Wave Peak Period	=	1.6589	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2831	seconds
Significant Wave Height	=	5.8384	centimetres
Maximum Wave Height	=	10.3340	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.8384	centimetres
Average Wave Height	=	3.6490	centimetres
rms Wave Height	=	3.2462	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.4148	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5005	seconds
Wave Peak Period	=	1.6551	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3618	seconds
Significant Wave Height	=	5.9137	centimetres

Maximum Wave Height	=	10.4672	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	5.9137	centimetres
Average Wave Height	=	3.6960	centimetres
rms Wave Height	=	3.2880	centimetres
Average of Highest 1/10	=	7.5104	centimetres

=====
Nama File: H5 T1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.0171	seconds
Wave Peak Period	=	1.4944	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9382	seconds
Significant Wave Height	=	8.8029	centimetres
Maximum Wave Height	=	15.5812	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.8029	centimetres
Average Wave Height	=	5.5018	centimetres
rms Wave Height	=	4.8944	centimetres
Average of Highest 1/10	=	11.1797	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	1.9965	seconds
Wave Peak Period	=	1.5094	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9182	seconds
Significant Wave Height	=	8.3678	centimetres
Maximum Wave Height	=	14.8111	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	8.3678	centimetres
Average Wave Height	=	5.2299	centimetres
rms Wave Height	=	4.6525	centimetres
Average of Highest 1/10	=	10.6271	centimetres

=====
Nama File: H5 T1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4197	seconds
Wave Peak Period	=	1.6319	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2938	seconds
Significant Wave Height	=	9.6889	centimetres
Maximum Wave Height	=	17.1494	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.6889	centimetres
Average Wave Height	=	6.0556	centimetres
rms Wave Height	=	5.3870	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.3049	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5373	seconds
Wave Peak Period	=	1.7344	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.4094	seconds
Significant Wave Height	=	9.5316	centimetres
Maximum Wave Height	=	16.8709	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.5316	centimetres

Average Wave Height	=	5.9572	centimetres
rms Wave Height	=	5.2996	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.1051	centimetres

=====
Nama File: H6 T1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.1802	seconds
Wave Peak Period	=	1.5826	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0915	seconds
Significant Wave Height	=	10.7729	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.0681	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.7729	centimetres
Average Wave Height	=	6.7331	centimetres
rms Wave Height	=	5.9897	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.6816	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.1882	seconds
Wave Peak Period	=	1.5318	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0819	seconds
Significant Wave Height	=	9.9904	centimetres
Maximum Wave Height	=	17.6831	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	9.9904	centimetres
Average Wave Height	=	6.2440	centimetres
rms Wave Height	=	5.5547	centimetres
Average of Highest 1/10	=	12.6879	centimetres

=====
Nama File: H6 T1.4.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.4301	seconds
Wave Peak Period	=	1.7128	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3176	seconds
Significant Wave Height	=	11.5962	centimetres
Maximum Wave Height	=	20.5252	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.5962	centimetres
Average Wave Height	=	7.2476	centimetres
rms Wave Height	=	6.4475	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.7272	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.5078	seconds
Wave Peak Period	=	1.6558	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3683	seconds
Significant Wave Height	=	11.0494	centimetres
Maximum Wave Height	=	19.5575	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.0494	centimetres
Average Wave Height	=	6.9059	centimetres
rms Wave Height	=	6.1435	centimetres

Average of Highest 1/10 = 14.0328 centimetres

=====
Nama File: H7 T1.2.xls
=====

Channel 1

Average Wave Period	=	2.0967	seconds
Wave Peak Period	=	1.5525	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.0199	seconds
Significant Wave Height	=	11.4401	centimetres
Maximum Wave Height	=	20.2490	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	11.4401	centimetres
Average Wave Height	=	7.1501	centimetres
rms Wave Height	=	6.3607	centimetres
Average of Highest 1/10	=	14.5289	centimetres

Channel 2

Average Wave Period	=	2.0720	seconds
Wave Peak Period	=	1.4835	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	1.9790	seconds
Significant Wave Height	=	10.4501	centimetres
Maximum Wave Height	=	18.4967	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	10.4501	centimetres
Average Wave Height	=	6.5313	centimetres
rms Wave Height	=	5.8103	centimetres
Average of Highest 1/10	=	13.2716	centimetres

=====
Nama File: H7 T1.4.xls
=====

Channel 1

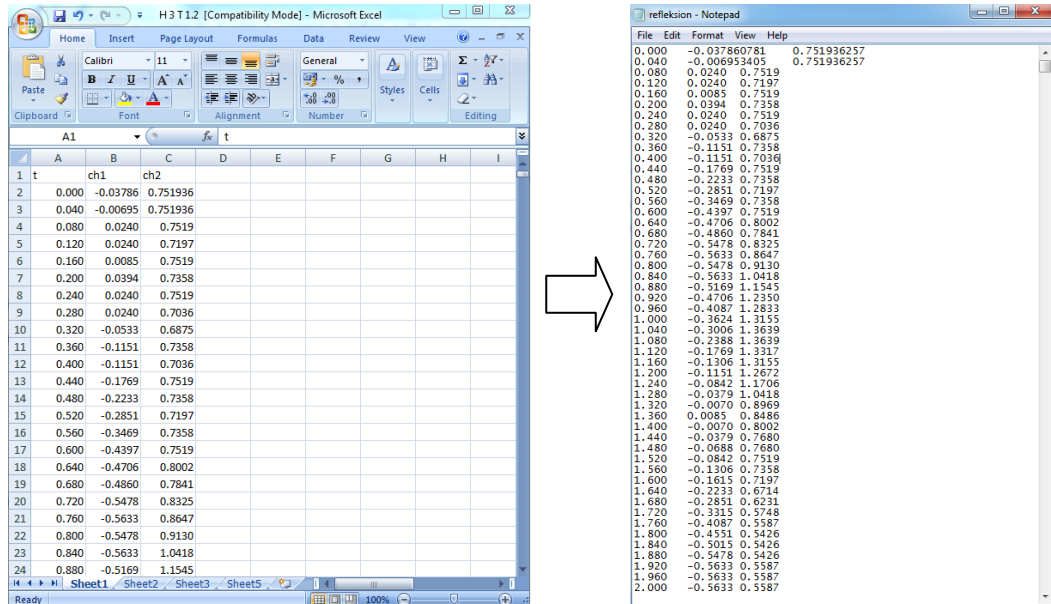
Average Wave Period	=	2.3681	seconds
Wave Peak Period	=	1.6635	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.2639	seconds
Significant Wave Height	=	12.7027	centimetres
Maximum Wave Height	=	22.4838	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	12.7027	centimetres
Average Wave Height	=	7.9392	centimetres
rms Wave Height	=	7.0627	centimetres
Average of Highest 1/10	=	16.1324	centimetres

Channel 2

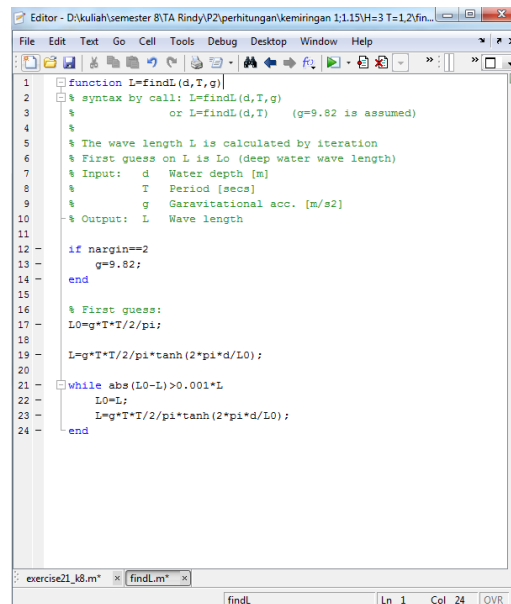
Average Wave Period	=	2.4331	seconds
Wave Peak Period	=	1.5946	seconds
Mean Zero Crossing Period	=	2.3006	seconds
Significant Wave Height	=	12.1184	centimetres
Maximum Wave Height	=	21.4495	centimetres
Zero Moment Wave Height	=	12.1184	centimetres
Average Wave Height	=	7.5740	centimetres
rms Wave Height	=	6.7378	centimetres
Average of Highest 1/10	=	15.3903	centimetres

LANGKAH PERHITUNGAN MATLAB

1. Data gelombang pada format *.xls disalin pada notepad dengan peletakan data yang sama dari kiri, yaitu waktu, *wave probe 1* dan *wave probe 2*.



2. Membuat perhitungan panjang gelombang dengan inputkan periode gelombang (T) dan percepatan gravitasi (g), sesuai dengan parameter yang diperlukan dalam rumus panjang gelombang yang ditulis pada editor.



3. Membuat perhitungan koefisien refleksi gelombang dengan menggunakan persamaan Goda dan Suzuki, data yang diinputkan berupa jarak antar *wave probe* (Δl), kedalaman air (d) dan periode gelombang (T).


```

Editor - D:\kuliah\semester 8\TA Rindy\P2\perhitungan\kemiringan 1:1.15\H=3 T=1.2\exercice21_k8.m
File Edit Text Cell Tools Debug Desktop Window Help
1 % Solution to exercise 21 in coastal hydraulics
2 %
3
4 clear all;
5 load -ascii refleksion.txt % data are read into the matrix 'refleksion'
6
7
8 deltal=1.5; % distance between gauges
9 h=0.5; % water depth
10 T=1.5; % wave period
11 L=findL(h,T); % wave length
12 k=2*pi/L; % wave number
13
14 eta1=refleksion(1:10000,2); % the first 10000 values from column 2 are put into 'eta1'
15 eta2=refleksion(1:10000,3); % the first 10000 values from column 3 are put into 'eta2'
16 n=length(eta1);
17
18 deltat=refleksion(2,1)-refleksion(1,1); % time between measurements
19 delta_f=1/(n*deltat); % basic frequency in Fourier Series
20
21 j=0:1:n-1;
22 t=j*deltat;
23 nul=eta1*0; % nul-line
24 plot(t,eta1,t,eta2,t,nul)
25 xlabel('time (secs)')
26 ylabel('surface elevation (meters)')
27 title('Time series of surface elevation')
28 legend('\eta_1', '\eta_2');
29
30
31 aogb=fft(eta1); % eta1 is Fourier-transformed
32 A1=real(aogb)/n*2; % a-vector in Fourier series for eta1

```

Untuk *listing* lebih lengkap dari MATLAB pengerjaan persamaan Goda dan Suzuki dapat dilihat pada lembar selanjutnya.

4. Kemudian klik run pada menu di editor, maka akan menghasilkan output berupa grafik *time series* dan *fourier*, sedangkan hasil parameter lainnya dapat dilihat di *workspace*.

Workspace			
File Edit View Graphics Debug Desktop Window Help			
Stack: Base plot(A2)			
Name	Value	Min	Max
A1	<10000x1 double>	-0.6425	0.2544
A2	<10000x1 double>	-0.1934	1.7073
B1	<10000x1 double>	-0.2890	0.2890
B2	<10000x1 double>	-0.2303	0.2303
Cr	<10000x1 double>	0.0459	21.7873
K1	<10000x1 double>	-0.3669	2.3457
K2	<10000x1 double>	-0.3582	0.3705
K3	<10000x1 double>	-0.3669	2.3457
K4	<10000x1 double>	-0.3705	0.3582
L	2.8289	2.8289	2.8289
T	1.5000	1.5000	1.5000
ai	<10000x1 double>	2.5078...	10.3632
aogb	<10000x1 double>	0.0063...	8.5363...
ar	<10000x1 double>	2.5078...	10.3632
delta_f	0.0025	0.0025	0.0025
deltat	2.8800	2.8800	2.8800
deltat	0.0400	0.0400	0.0400
eta1	<10000x1 double>	-2.9895	3.9337
eta2	<10000x1 double>	-2.3077	3.8437
h	0.5000	0.5000	0.5000
j	<1x10000 double>	0	9999
k	2.2211	2.2211	2.2211
n	10000	10000	10000
nul	<10000x1 double>	0	0
refleksion	<15000x3 double>	-3.2059	599.96...
t	<1x10000 double>	0	399.96...

```

% Solution to exercise 21 in coastal hydraulics
%

clear all;
load -ascii refleksion.txt % data are read into the matrix 'refleksion'

deltal=4.92; % distance between gauges
h=8; % water depth
T=5.41; % wave period
L=findL(h,T); % wave length
k=2*pi/L; % wave number

etal=refleksion(1:50,2); % the first 32 values from column 2 are put into
'etal'
eta2=refleksion(1:50,3); % the first 32 values from column 3 are put into
'eta2'
n=length(etal);

deltat=refleksion(2,1)-refleksion(1,1); % time between measurements
delta_f=1/(n*deltat); % basic frequency in Fourier Series

j=0:1:n-1;
t=j*deltat;
nul=etal*0; % nul-line
plot(t,etal,t,eta2,t,nul)
xlabel('time (secs)')
ylabel('surface elevation (meters)')
title('Time series of surface elevation')
legend('\eta_1', '\eta_2');

aogb=fft(etal); % etal is Fourier-transformed
A1=real(aogb)/n*2; % a-vector in Fourier series for etal
B1=-imag(aogb)/n*2; % b-vector in Fourier-series for etal

% Note that if sampling time is equal to the period in a harmonic signal,
% only the amplitudes at the basic frequency, i.e. for j=1 in the Fourier
% series are significant. All other values are more or less noise.

figure; % new figure
subplot(2,2,1);
stem(j,A1,'r')
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('A1[j]')
title('Fourier coefficients at 1. gauge');

subplot(2,2,2);
stem(j,B1)
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('B1[j]');

```

```

aogb=fft(eta2);           % eta1 is Fourier-transformed
A2=real(aogb)/n*2;        % a-vector in Fourier series for eta2
B2=-imag(aogb)/n*2;       % b-vector in Fourier-series for eta2

%figure;      % dan ny figur
subplot(2,2,3);
stem(j,A2,'r')
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('A2[j]')
title('Fourier coefficients at 2. gauge');

subplot(2,2,4);
stem(j,B2)
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('B2[j]');

% ai og ar are calculated with Goda og Suzuki's method

K1=A2-A1*cos(k*deltal)-B1*sin(k*deltal);
K2=B2+A1*sin(k*deltal)-B1*cos(k*deltal);

ai=(K1.^2+K2.^2).^0.5/2/abs(sin(k*deltal));

K3=A2-A1*cos(k*deltal)+B1*sin(k*deltal);
K4=B2-A1*sin(k*deltal)-B1*cos(k*deltal);

ar=(K3.^2+K4.^2).^0.5/2/abs(sin(k*deltal));

Cr=ar./ai;

% even though all values in the Cr-vector are different from zero, it is
only
% the values corresponding to j=1 in the Fourier series that has a physical
meaning
% All other values are found by dividing noise by noise because
% eta1 og eta2 are not perfect sine-functions (the values are taken from
% anumerical model)

disp(['The Refleksion Coefficient is ' num2str(Cr(2))])

```

BIODATA PENULIS



Giyat Nur Sawitri Rindy Anticha dilahirkan di Nganjuk pada tanggal 25 Pebruari 1995, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang pendidikan dasar di SD Negeri Tanjunganom II, Nganjuk pada tahun 2001-2007. Kemudian melanjutkan pendidikan sekolah di SMP Negeri 1 Tanjunganom, Nganjuk pada tahun 2007-2010 dan SMA Negeri 1 Kertosono, Nganjuk pada tahun 2010-2013. Setelah lulus SMA pada tahun 2013, penulis diterima di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dengan NRP 4313100123. Pada tahun 2016 penulis mendapat kesempatan melaksanakan Kerja Praktik di Balai Penelitian dan Pengembangan Teknik Pantai yang berlokasi di Kecamatan Gerokgak, Buleleng, Bali.

Kontak Penulis :

Email : rindyantic@gmail.com

Telepon : 089603523287